

Université de Montréal

Effet de la musique sur le stress chez des athlètes avec et sans commotions cérébrales

par
Camille Léonard

Département de psychologie, Faculté des Arts et des Sciences

Essai doctoral présenté en vue de l'obtention du grade de doctorat en psychologie (D. Psy.)
option neuropsychologie clinique

Août, 2020

© Camille Léonard, 2020

Résumé

Les commotions cérébrales d'origine sportive préoccupent de plus en plus les experts; entre 20 à 40 % des athlètes subissent une commotion cérébrale chaque année au Québec. Parmi les nombreux impacts néfastes, les symptômes affectifs (p. ex., le stress et l'anxiété) font partie des complications les plus fréquentes. Ainsi, il est important de développer des techniques de gestion du stress adaptées au mode de vie des athlètes. En ce sens, la musique a été démontrée efficace pour réduire le stress, dû à ses propriétés relaxante et agréable. L'objectif de cette étude est d'explorer les effets de l'écoute musicale sur le stress induit expérimentalement chez les athlètes commotionnés et non commotionnés. Pour ce faire, quatre groupes d'athlètes (non commotionné musique, non commotionné silence, commotionné musique, commotionné silence) ont effectué le Test de stress social de Trier alors que des mesures autorapportées de stress ont été prises. Les résultats ne montrent pas de différence significative dans le patron de récupération du stress entre les groupes ayant écouté ou non de la musique. Cependant, il est intéressant de constater que les groupes d'athlètes ayant écouté de la musique durant la phase de récupération montrent un niveau de stress final inférieur à leur niveau de base. Par ailleurs, aucune différence n'a été observée entre les groupes d'athlètes avec et sans commotion cérébrale lors de l'induction et de la récupération du stress. Des recherches futures sont nécessaires afin d'approfondir ces résultats et de mieux comprendre comment la musique peut être utilisée comme outils aidant à réduire le stress dans le domaine sportif.

Mots-clés : commotion cérébrale d'origine sportive, athlète, stress, musique, intervention musicale, neuropsychologie clinique

Abstract

Sports-related concussions are a growing concern to experts; concussions affect approximately 20 to 40 percent of athletes every year in Quebec. Of the many negative side effects, emotional symptoms such as stress and anxiety are among the most common. It is therefore important to develop adequate stress management techniques adapted to an athlete's lifestyle. In this regard, music has been shown to be effective in reducing stress, due to its relaxing and therapeutic properties. The purpose of this study is to explore the effects of music on experimentally induced stress in concussed and non-concussed athletes. To achieve this, four groups of athletes (non-concussed music, non-concussed silence, concussed music, concussed silence) performed the Trier Social Stress Test, for which self-reported stress measurements were taken. The results do not show a significant difference in the pattern of stress recovery between the groups who listened to music and those who did not. However, it is interesting to note that groups of athletes who listened to music during the recovery phase show a lower final stress level than their baseline level. Furthermore, no difference was observed between the groups of athletes with and without concussions during stress induction or recovery. Future research is needed to refine these findings and to better understand how music can be used as a tool to help reduce stress in sports.

Keyword: sport-related concussion, athletes, stress, music, musical intervention, clinical neuropsychology

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	vii
Liste des sigles et des abréviations.....	vii
Remerciements	viii
Introduction	1
1. Le stress	1
1.1. Athlètes et stress	2
2. La commotion cérébrale d'origine sportive (CCOS).....	3
2.1. Prévalence de la CCOS	4
2.2. Conséquences neurobiologiques de la CCOS	5
2.3. Symptômes suivant une CCOS	6
2.4. Stress et gestion du stress chez les athlètes commotionnés.....	8
3. La musique.....	10
3.1. Effet de la musique sur le stress	10
3.2. Caractéristiques des musiques réduisant le stress	11
Objectifs et hypothèses de la recherche	14
Méthode.....	15
1. Participants.....	15
2. Mesures	16
2.1. Symptômes affectifs	16
2.2. Vitesse de traitement de l'information	17
2.3. Symptômes persistants des CCOS	17
3. Matériel musical	18
4. Déroulement de la recherche	18
5. Analyses statistiques	21
Résultats	23
1. Participants.....	23
2. Jugements émotionnels des extraits musicaux.....	25
3. Mesures autorapportées de stress.....	25

4. Analyses corrélationnelles entre l'anxiété et le stress	28
4.1. Anxiété d'état et mesures de stress lors du TSST	28
4.2. Anxiété de trait et mesures de stress lors du TSST	29
5. Analyses descriptives individuelles	31
Discussion	33
1. Limites et forces de l'étude.....	38
2. Perspectives futures	39
Conclusion.....	41
Références	42
Annexe	52

Liste des tableaux

Tableau 1. Symptômes fréquents en phase aiguë et persistante à la suite d'une CCOS	6
Tableau 2. Liste des extraits musicaux relaxants et agréables	18
Tableau 3. Caractéristiques des groupes expérimentaux	24
Tableau 4. Jugements moyens de valence émotionnelle et du niveau d'activation des extraits musicaux, selon les deux groupes musicaux	25

Liste des figures

Figure 1. Échelle visuelle analogue de stress	16
Figure 2. Déroulement du Test de stress social de Trier	19
Figure 3. Scores EVA moyens en fonction des groupes et des temps de mesure	26
Figure 4. Scores d'anxiété d'état et mesures de stress lors du niveau de base en fonction des groupes	28
Figure 5. Scores d'anxiété de trait et mesures de stress lors du niveau de base en fonction des groupes	29
Figure 6. Scores d'anxiété de trait et mesures de stress après 30 minutes de récupération en fonction des groupes	30

Liste des sigles et des abréviations

BDI: Beck Depression Inventory

BPM : Battement par minute

CCOS : Commotion cérébrale d'origine sportive

CM : Commotionné Musique

CS : Commotionné Silence

EVA : Échelle visuelle analogue

HPS : Hypothalamo-hypophysio-surrénalien

NCM : Non Commotionné Musique

NCS : Non Commotionné Silence

PSS: Perceived Stress Scale

SDMT: Symbol Digit Modalities Test

SNS : Système nerveux sympathique

STAI : Inventaire d'anxiété situationnelle et de trait

TCC : Traumatisme craniocérébral

TCCL : Traumatisme craniocérébral Léger

TDA/H : Trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

TSST : Test de stress social de Trier

Remerciements

J'aimerais d'abord remercier ma directrice de recherche, Nathalie, sans qui ce projet n'aurait pu être réalisé. Merci pour ton soutien et tes précieux conseils durant tout le processus de recherche. Nous avons partagé les succès tout comme les revers ensemble, et travailler avec toi aura été un réel plaisir.

J'aimerais également remercier les membres du laboratoire MUSEC pour leur aide et leurs questions ayant contribué à ma réflexion. Merci à Diana de m'avoir initiée à la recherche et de m'avoir fourni tes précieux conseils à toutes les étapes de la recherche. Merci à Jeanne Marie pour ton dévouement envers le projet de recherche, ton aide précieuse lors du recrutement ainsi que ton souci du détail.

Par la suite, je voudrais remercier mes collègues de cohorte en neuropsychologie d'avoir rendu ces années de doctorat moins longues et beaucoup plus agréables. Je suis tellement reconnaissante de vous avoir rencontrées et d'avoir tissé des liens d'amitié qui resteront au fil des années. Un merci spécial à Sophie pour ton oreille attentive et ton soutien inconditionnel.

Je voudrais remercier mes parents d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir permis de réaliser mes plus grandes ambitions. Et un merci spécial à mon copain Miguel, pour m'avoir soutenue dans cette longue aventure. Tu as vécu avec moi les hauts et les bas et m'a toujours encouragé à persévérer et à donner le meilleur de moi-même.

Introduction

Les conséquences des commotions cérébrales d'origine sportive (CCOS) sur la santé psychologique des athlètes préoccupent de plus en plus les experts. Parmi les nombreux impacts négatifs d'une CCOS, les symptômes affectifs comme le stress et l'anxiété sont perçus par les athlètes comme étant les plus handicapants (Broshek, De Marco et Freeman, 2015; Sandel, Reynolds, Cohen, Gillie et Kontos, 2017). Ceux-ci sont fréquents et peuvent être exacerbés par divers facteurs, tels que le sentiment de solitude et la pression de la part de l'entourage de l'athlète (Broshek et al., 2015; Makdissi, Cantu, Johnston, McCrory et Meeuwisse, 2013). D'ailleurs, une difficulté à gérer le stress peut affecter négativement le processus de récupération suite à une CCOS (Broshek et al., 2015; Sandel et al., 2017). Pour cette raison, il est important de développer des techniques de gestion du stress adaptées au mode de vie des athlètes. L'utilisation de la musique pour réduire le stress a été montrée efficace, tant chez une population en santé que chez des populations cliniques vivant une situation stressante, comme des patients hospitalisés (Hole, Hirsch, Ball et Meads, 2015; Kühlmann et al., 2018). La musique relaxante et agréable activerait des réseaux neuronaux reliés au système de récompense et aux émotions, ce qui pourrait provoquer un état de relaxation (Chanda et Levitin, 2013; Koelsch, 2009). Jusqu'à présent, aucune étude n'a exploré l'effet de la musique chez les athlètes ayant subi une CCOS. Pourtant, cette intervention est simple, facilement accessible, non invasive (Kemper et Danhauer, 2005), et est déjà utilisée à d'autres fins dans le monde du sport (Kuan, Morris, Kueh et Terry, 2018). L'objectif de cette étude est d'explorer les effets de l'écoute musicale sur le stress induit expérimentalement chez les athlètes commotionnés et non commotionnés. Dans ce qui suit, un résumé de la littérature scientifique sera abordé pour les trois grands domaines impliqués dans la présente étude, soit le stress, les CCOS et la musique.

1. Le stress

La notion de stress introduite par Hans Selye est définie comme une réaction d'activation généralisée de l'organisme face à un stimulus qui peut représenter un défi perçu de façon positive, ou encore une menace (de Witte, Spruit, van Hooren, Moonen et Stams, 2020). Les situations qui peuvent déclencher une réponse de stress aiguë sont décrites comme nouvelles, imprévisibles, étant une menace à l'égo ou dans lesquelles une perte de contrôle est perçue (Lupien, 2009). Le stress

peut provoquer chez l'individu deux types de réponses, soit physiologique ou émotionnelle. D'une part, la réponse physiologique implique l'augmentation de l'activité du système nerveux sympathique (SNS) provoquant un relâchement d'adrénaline et de noradrénaline, duquel résultera une activation physiologique manifestée entre autres par l'augmentation de la fréquence cardiaque. En plus, il se produit une augmentation des niveaux de cortisol en raison de l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien (HPS; de Witte et al., 2020; Lupien, 2009). D'autre part, la réponse émotionnelle du stress est plutôt subjective et peut provoquer un état d'inquiétudes, de nervosité et d'agitation (de Witte et al., 2020).

Tout comme le stress, l'anxiété est associée à l'interprétation que fait la personne d'une situation (Ducher, 2011), mais celle-ci réfère à une anticipation et à des inquiétudes disproportionnées par rapport à une menace éloignée dans le temps ou à des pensées internes (Broshek et al., 2015). L'anxiété peut être générée par le stress et peut aussi affecter la manière dont les événements stressants sont perçus (Phillips, Carroll et Der, 2015). Il est possible de distinguer deux types d'anxiété, soit l'anxiété d'état et de trait. L'anxiété d'état se définit par un sentiment d'anxiété transitoire face à une situation particulière, tandis que l'anxiété de trait représente plutôt une prédisposition relativement stable à percevoir l'environnement comme une menace et ainsi à vivre avec un haut niveau d'anxiété au quotidien (Patel, Omar et Terry, 2010; Spielberger, 1983).

1.1. Athlètes et stress

Le sport compétitif, par sa nature, engendre des niveaux élevés de stress chez l'athlète. La pression de se surpasser provenant de l'entourage, les enjeux d'une excellente performance (p. ex., recrutement dans une meilleure équipe, victoire pour un trophée) ainsi que la peur d'une blessure potentielle pouvant mettre fin prématurément à leur carrière représentent quelques-uns des facteurs de stress auxquels les athlètes sont confrontés (Jones et Hardy, 1990; Rice et al., 2016). Dans une étude de Hanton, Fletcher et Coughlan (2005), des athlètes de niveau compétitif ont été interviewés et les chercheurs ont identifié et comparé plus de 90 facteurs de stress dans un contexte sportif. Ces facteurs sont regroupés en cinq catégories reliées : 1- à l'équipe (p. ex., un manque de communication, une atmosphère tendue), 2- à la performance (p. ex., une mauvaise préparation, une blessure), 3- à l'environnement (p. ex., des difficultés financières, des conditions d'entraînement difficiles), 4- à des problèmes personnels (p. ex., une mauvaise nutrition, des

objectifs trop élevés) et 5- au *leadership* (p. ex., une mauvaise relation avec l'entraîneur). De ce fait, les athlètes doivent développer des stratégies afin de gérer les nombreux facteurs de stress auxquels ils sont exposés (Rumbold, Fletcher et Daniels, 2012). De plus, la façon dont les athlètes régulent leur stress influencera l'impact que peuvent avoir tous ces stressseurs sur leur vie quotidienne (Rice et al., 2016).

En revanche, l'activité physique est connue pour entraîner des effets bénéfiques sur la réactivité au stress. En effet, lorsqu'ils sont exposés à un stress aigu, les athlètes montrent une réponse physiologique plus favorable, une anxiété réduite et une meilleure humeur comparativement aux sujets non-athlètes (Mücke, Ludyga, Colledge et Gerber, 2018). Ainsi, les athlètes présentent une réponse atténuée au stress et récupèrent plus rapidement à la suite d'une situation stressante (p. ex., diminution plus rapide de la fréquence cardiaque; Mücke et al., 2018; Rimmel et al., 2009). Il est avancé que lorsque les athlètes pratiquent fréquemment une activité physique intense, alors considérée comme un stress physique, il se produirait une adaptation de l'axe HPS qui se généralise aux autres types de stressseurs (comme les stressseurs psychologiques); l'organisme des athlètes serait donc plus habitué à confronter le stress (Mücke et al., 2018). Cependant, certaines blessures, comme les CCOS, peuvent influencer leur habileté à réguler ce stress, comme il sera approfondi dans la prochaine section.

2. La commotion cérébrale d'origine sportive (CCOS)

La commotion cérébrale d'origine sportive est un traumatisme craniocérébral léger (TCCL; c.-à-d. une altération du fonctionnement du cerveau) induit par une force biomécanique (McCrory et al., 2017). Cette force peut provenir d'un coup à la tête ou au cou (p. ex., recevoir un ballon de soccer au visage) ou encore d'un coup au corps qui transmet une force d'impulsion à la tête (Kontos, Collins et Russo, 2010; McCrory et al., 2017). La CCOS peut également être provoquée par un impact rotationnel, lors duquel le crâne se tourne alors que le cerveau reste fixe, comme lors d'un placage au sol au football (Kontos et al., 2010). Pour identifier une CCOS, au moins l'un des signes cliniques suivants doit être présent (Institut national d'excellence en santé et en services sociaux, 2018; McCrory et al., 2017) :

- Une altération de l'état de conscience (confusion ou désorientation);
- Une perte de conscience de moins de 30 minutes;

- Une amnésie post-traumatique de moins de 24 heures ou;
- Tout autre signe neurologique transitoire comme un signe neurologique localisé, une convulsion ou une lésion intracrânienne ne nécessitant pas d'intervention chirurgicale.

La CCOS est complexe à reconnaître, car les signes sont peu spécifiques et varient grandement (Leclerc, Lassonde, Delaney, Lacroix et Johnston, 2001). Par ailleurs, les termes commotion cérébrale et TCCL sont souvent utilisés de façon interchangeable en raison de la complexité à établir une définition claire. Toutefois, la commotion cérébrale est plus souvent utilisée pour représenter l'extrémité la moins sévère du spectre des traumatismes craniocérébraux (TCC) dans le domaine sportif (Harmon et al., 2013; INESSS, 2018; McCrory et al., 2017). Enfin, les critères permettant de diagnostiquer la CCOS sont : un score entre 13 et 15 à l'échelle de coma de Glasgow (administrée dans les 30 minutes suivant l'accident et permettant d'évaluer le niveau de conscience; Ontario Neurotrauma Foundation, 2013; Teasdale et Jennett, 1974), une perte de conscience de moins de 30 minutes, une amnésie post-traumatique de moins d'un jour, ainsi qu'aucun signe détectable aux tests d'imagerie cérébrale (Azouvi, Arnould, Dromer et Vallat-Azouvi, 2017; McCrory et al., 2017). Un score inférieur à l'échelle de coma de Glasgow, une amnésie et une perte de conscience plus longues ou un résultat positif à l'imagerie signifierait un TCC de sévérité plus grave.

2.1. Prévalence de la CCOS

Le *US Centers for Disease Control and Prevention* a estimé qu'entre 1,6 et 3,8 millions de CCOS se produisent chaque année (Daneshvar, Nowinski, McKee et Cantu, 2011) et qu'il y aurait deux fois plus de commotions cérébrales dans le monde sportif en comparaison à la population générale (Coronado, McGuire, Faul, Sugerman et Pearson, 2012). Au Québec, entre 20 à 40 % des athlètes subissent une CCOS chaque année (Ellemborg, 2018). Cependant, ce nombre serait fortement sous-estimé puisqu'une partie des athlètes auraient tendance à minimiser leurs symptômes pour reprendre le jeu plus rapidement (Broshek et al., 2015; Ellemborg, 2018). D'ailleurs, une étude a démontré que parmi des athlètes ayant subi une CCOS suivie de signes clairs, comme la présence d'une amnésie post-traumatique, 35 % d'entre eux n'auraient pas été transportés à l'hôpital pour être pris en charge (Echemendia, Putukian, Mackin, Julian et Shoss, 2001). C'est en partie pour ces raisons que les commotions cérébrales représentent une source importante de préoccupation selon les experts, en plus de ses impacts sur le cerveau.

2.2. Conséquences neurobiologiques de la CCOS

Les conséquences neurobiologiques d'une CCOS sur le cerveau varient en fonction du type de sport et du niveau de compétition (Harmon et al., 2013). De même, la vitesse de l'impact détermine l'intensité de la force transmise au cerveau et ses dommages (Kontos et al., 2010). Suivant l'accident, une cascade de changements neurométaboliques provoque une crise énergétique, rendant le cerveau plus vulnérable à un deuxième choc dans les jours subséquents (Giza et Hovda, 2014; Harmon et al., 2013; Kontos et al., 2010). En effet, à la suite du choc à la tête, une augmentation rapide des niveaux de potassium, de glutamate et de calcium se produit, requérant alors une élévation du niveau de glucose, et donc de la demande en énergie. Au même moment, une réduction du flux sanguin cérébral entraîne une diminution de l'offre en énergie, provoquant donc une crise énergétique (Giza et Hovda, 2014; McKee, Daneshvar, Alvarez et Stein, 2014). À ce stade, le repos est l'intervention la plus recommandée afin de limiter la demande en énergie au cerveau (McCrory et al., 2017).

Sur le plan neurobiologique, les conséquences d'une CCOS seront reflétées par des perturbations fonctionnelles (McCrory et al., 2017). Les régions du cerveau affectées dépendront du type d'impact lors de la commotion (Kontos et al., 2010). Les CCOS peuvent influencer le fonctionnement des régions frontales, préfrontales, temporales ainsi qu'au niveau de l'insula (Broshek et al., 2015; List, Ott, Bukowski, Lindenberg et Flöel, 2015). Ces régions sont, notamment, impliquées dans le traitement des émotions ainsi que dans la régulation des réactions à l'environnement (Broshek et al., 2015; Harmon et al., 2013). En effet, l'anxiété et le stress sont reliés à une hyperactivité de l'amygdale et de l'insula, ainsi qu'à une hypoactivité du lobe préfrontal (Broshek et al., 2015). De plus, plusieurs recherches ont démontré des changements neurochimiques dans le circuit fronto-limbique à la suite d'une CCOS qui sont semblables à ceux typiquement retrouvés dans les troubles anxieux (Sandel et al., 2017). Ces changements pourraient donc expliquer, en partie, la présence de symptômes anxieux à la suite d'une CCOS chez les athlètes sans historique de trouble anxieux.

En outre, un déchirement axonal diffus peut se produire dans de nombreux cas de CCOS. Ce cisaillement affectant la matière blanche, associée à la vitesse de traitement de l'information, peut ainsi entraîner un ralentissement cognitif et moteur (Bazarian et al., 2007; Giza et Hovda, 2014; Jantzen, 2010; Turken et al., 2008).

2.3. Symptômes suivant une CCOS

Une commotion cérébrale peut engendrer de nombreux symptômes physiques, cognitifs et affectifs, qui varieront beaucoup entre les athlètes (voir Tableau 1; Ontario Neurotrauma Foundation, 2013; Schneider et al., 2017). Les symptômes vécus dans les jours suivants la CCOS (c.-à-d. la phase aiguë) se résolvent en moyenne entre 10 à 14 jours. Cependant, chez environ 10 à 30 % des athlètes ayant subi une CCOS, les symptômes se maintiennent au-delà de ce délai (Makdissi et al., 2013; McCrory et al., 2017). Les symptômes persistants représentent un ensemble de symptômes communs et non spécifiques qui perdurent entre un et trois mois (Makdissi et al., 2017). Ces derniers résultent de l'interaction complexe des facteurs neuropathologiques, psychologiques et sociaux (INESSS, 2018). Ils constituent une importante source de frustration chez les athlètes puisque cela retarde leur retour au jeu (Makdissi et al., 2013). La présence de symptômes persistants est donc un facteur important à prendre en compte afin de mieux aider les athlètes dans leur rétablissement (Makdissi et al., 2013).

Tableau 1

Symptômes fréquents en phase aiguë et persistante à la suite d'une CCOS (traduit de l'Ontario Neurotrauma Foundation, 2013)

Symptômes d'une CCOS		
Physiques	Cognitifs	Affectifs
Maux de tête	Sensation d'être ralenti	Niveau élevé de stress
Vertiges	Oublis	Anxiété
Nausées	Difficultés de concentration	Symptômes dépressifs
Vomissements	Sensation d'être « dans le	Irritabilité
Difficultés d'équilibre	brouillard »	Fatigue/léthargie
Sensibilité accrue à la lumière ou au bruit		Hypersomnie/difficulté d'endormissement

Des symptômes d'anxiété sont observés chez plus du tiers des athlètes ayant subi une CCOS (Yang, Peek-Asa, Covassin et Torner, 2015). La commotion cérébrale est une source importante d'inquiétudes, notamment en raison de son rétablissement parfois incertain et de ses symptômes peu spécifiques (Caron, Bloom et Podlog, 2018). De plus, les nombreux facteurs entourant la compétition sportive accentuent le risque de vivre de l'anxiété et rendent les athlètes plus vulnérables à vivre des peurs, par exemple avoir peur d'une autre blessure à la tête, d'être perçu comme étant faible par les autres joueurs ou encore de perdre sa place au sein de l'équipe (Broshek

et al., 2015). Dans certains cas, la symptomatologie affective peut s'intensifier et même devenir plus handicapante que la blessure initiale (Broshek et al., 2015). Ceci est encore plus important en contexte sportif puisque l'arrêt ou la retraite du jeu est une préoccupation importante chez les athlètes (Broshek et al., 2015). Les symptômes affectifs peuvent influencer négativement le processus de récupération de la commotion cérébrale en prolongeant la présence des symptômes persistants (Broshek et al., 2015; Echemendia et al., 2013; Sandel et al., 2017). Par ailleurs, Weber et ses collègues (2018) ont montré que le niveau de détresse psychologique (notamment l'anxiété) augmente avec chaque commotion cérébrale additionnelle subie et persiste à long terme, et ce, même chez des athlètes sans diagnostics psychologiques antérieurs. Ainsi, il sera important de considérer l'anxiété dans l'investigation de l'effet de la musique comme outil de gestion du stress, particulièrement chez les athlètes commotionnés.

Ensuite, les symptômes dépressifs peuvent apparaître dans les 48h suivant la CCOS et sont souvent associés directement à la commotion (Yrondi, Brauge, LeMen, Arbus et Pariente, 2017). Entre 12 et 44 % des athlètes vivront des symptômes dépressifs dans les 3 mois suivants la CCOS (Broshek et al., 2015). La dépression est un état qui peut inclure plusieurs symptômes, tels qu'une humeur triste, une perte de plaisir et d'énergie, un changement dans l'appétit ou le sommeil, un sentiment de dévalorisation, une diminution de l'aptitude à penser et parfois des idées de mort (Crocq et al., 2016). Les symptômes de dépression sont souvent attribués à la perte de position dans l'équipe ou le manque de support des coéquipiers (Chen, Johnston, Petrides et Pfitz, 2008). Par ailleurs, l'association entre les commotions cérébrales et la dépression plus tard au cours de la vie est courante dans la littérature, et peut être liée directement à la fréquence des CCOS subies au cours de la carrière sportive de l'athlète (Solomon, Kuhn et Zuckerman, 2016; Yrondi et al., 2017). Ainsi, la présence de symptômes dépressifs sera investiguée et utilisée comme indice supplémentaire dans la comparaison des groupes de cette étude.

De plus, la présence de symptômes affectifs (p. ex., dépression, anxiété) semble avoir un impact sur la performance cognitive, incluant la vitesse de traitement de l'information. Entre autres, des symptômes d'anxiété et de dépression plus élevés sont associés à une plus faible vitesse de traitement chez des athlètes ayant subi une CCOS (Bailey, Samples, Broshek, Freeman et Barth, 2010; Ciucurel, 2012; Weber et al., 2018). Sur le plan physique, la vitesse de traitement de l'information semble reliée à la sensation d'être ralenti (Iverson, Gaetz, Lovell et Collins, 2004).

Cette sensation représente un symptôme important dans le portrait des CCOS puisqu'elle est rapportée par 79 % des athlètes en phase aiguë, et par 19 % des athlètes deux semaines après leur accident (Lovell et al., 2006). Au niveau cognitif, la vitesse de traitement de l'information réfère à la vitesse à laquelle les informations sont enregistrées et intégrées à travers différentes fonctions cognitives (Turken et al., 2008). De ce fait, la plupart des autres fonctions cognitives, comme l'attention, nécessitent une bonne vitesse de traitement afin d'être efficaces (Salthouse, 1996). Particulièrement chez les athlètes, une vitesse de réaction et d'analyse rapide est primordiale pour se protéger d'un coup ou encore pour prendre certaines décisions en contexte de jeu (Eckner, Kutcher et Richardson, 2011). Plusieurs recherches suggèrent que les déficits cognitifs pourraient persister plus longtemps que la présence de symptômes subjectifs (Black, Sergio et Macpherson, 2017; Harmon et al., 2013). De la sorte, l'évaluation cognitive permet de détecter les déficits cognitifs présents même lorsque l'athlète est asymptomatique, mais peut également être un indice de la présence de symptômes affectifs (Echemendia et al., 2013; Harmon et al., 2013; Sandel et al., 2017). Ainsi, la mesure de la vitesse de traitement de l'information sera incluse dans cette étude comme indice supplémentaire dans la comparaison des groupes.

2.4. Stress et gestion du stress chez les athlètes commotionnés

Bien que tous les athlètes soient confrontés à de nombreux facteurs de stress dans le contexte sportif, la problématique du stress est intensifiée chez les athlètes ayant subi une CCOS et semble avoir des impacts même à long terme. En effet, de nombreux athlètes commotionnés montrent des niveaux élevés de stress autorapporté au quotidien à la suite d'une CCOS et ont plus de difficulté à s'adapter et à réguler ce stress (Echemendia et al., 2013; Hanna-Pladdy, Berry, Bennett, Phillips et Gouvier, 2001; Hutchison et al., 2017; Weber et al., 2018). De plus, la littérature récente montre que le temps de récupération physiologique de la CCOS perdure au-delà du délai de récupération des symptômes autorapportés et même après le retour au jeu des athlètes (McCrory et al., 2017). En ce sens, des études ont démontré une plus grande variabilité de la fréquence cardiaque, reflétant une moins bonne régulation du SNS, chez les athlètes asymptomatiques ayant subi une CCOS, autant au repos (Hutchison et al., 2017) que lors d'un effort physique (Abaji, Curnier, Moore et Ellemberg, 2016; Gall, Parkhouse et Goodman, 2004). Plus précisément, cela signifie que même lorsque les athlètes ne rapportent plus de symptôme de leur commotion et qu'ils sont retournés au jeu, ils réussissent moins bien à réguler leur stress par rapport à leurs coéquipiers

sans CCOS. Contrairement aux blessures musculosquelettiques, les CCOS représentent une « blessure invisible » qui est souvent moins bien comprise par l'entourage et peut augmenter la pression de retour au jeu (Covassin, Elbin, Beidler, LaFevor et Kontos, 2017; Echemendia et al., 2013). Le sentiment de solitude créé par la diminution des contacts relationnels avec les coéquipiers et les entraîneurs, ainsi que la pression externe pour le retour au jeu influence la vulnérabilité de l'athlète et réduit sa capacité à gérer le stress (Broshek et al., 2015; Echemendia et al., 2013).

Une difficulté à gérer ce stress peut avoir un impact sur la performance sportive et sur la santé de l'athlète. Parmi les techniques de gestion du stress utilisées par les athlètes, l'imagerie mentale, la relaxation et se parler à soi-même (*self-talk*) sont les plus populaires (Rumbold et al., 2012). De plus, bien que la thérapie cognitivo-comportementale soit une intervention efficace pour la gestion du stress et de l'anxiété (Sandel et al., 2017), les athlètes sont peu portés à aller consulter en raison de la stigmatisation de la santé mentale présente dans le milieu du sport (Gulliver, Griffiths et Christensen, 2012; Rice et al., 2016). Entre autres, les athlètes auraient peur d'être perçus comme étant plus faibles. Puisque les athlètes ayant subi une CCOS sont plus susceptibles de vivre du stress au quotidien, il est important de développer des interventions qui les aideront à gérer leur stress. Dans la population générale, les personnes en phase post-aiguë de TCCL, qu'elles soient symptomatiques ou asymptomatiques, manifestent un plus haut niveau de stress autorapporté, de même qu'une plus grande fréquence cardiaque que leurs pairs sans historique de TCCL lorsqu'elles sont exposées à une situation stressante (Hanna-Pladdy et al., 2001). De plus, elles bénéficient davantage des effets d'une séance de relaxation (incluant une musique relaxante et une technique de respiration profonde), démontrant une plus grande réduction de leurs symptômes de stress. Ainsi, bien que cette méthode soit efficace auprès de la population générale, il importe de trouver des techniques qui soient adaptées au mode de vie des athlètes et de vérifier leur efficacité auprès de cette population.

Une intervention d'écoute musicale pourrait être une avenue intéressante, car c'est un moyen facilement accessible qui peut être utilisé dans différents milieux. Dans le contexte sportif, l'écoute de musique est associée à des effets psychologiques et physiologiques bénéfiques. Elle aurait notamment pour effet d'augmenter la motivation et le niveau de relaxation, en plus d'améliorer l'humeur et la performance sportive (Kuan et al., 2018; Terry et Karageorghis, 2007; Terry, Karageorghis, Curran, Martin et Parsons-Smith, 2020). D'ailleurs, les athlètes qui écoutent

de la musique lors d'un entraînement rapportent plus d'émotions positives que lorsqu'ils n'ont pas accès à la musique (Laukka et Quick, 2013). Enfin, l'écoute musicale est efficace pour réduire le stress chez différentes populations cliniques, et ce dans de nombreuses situations stressantes (Chanda et Levitin, 2013; Pelletier, 2004), tel qu'il sera approfondi dans la prochaine section.

3. La musique

3.1. Effet de la musique sur le stress

De nombreuses études cliniques ont confirmé les résultats positifs de l'intervention musicale lors d'événements stressants (de Witte et al., 2020; Hole et al., 2015; Kühlmann et al., 2018). Entre autres, la musique a des effets sur la réduction du stress autorapporté chez les patients hospitalisés (Kemper et Danhauer, 2005), auprès de patients avec un problème cardiovasculaire (Bradt, Dileo et Potvin, 2013), en attente préopératoire ou après une chirurgie (Chanda et Levitin, 2013). En post-opératoire, la musique a des effets positifs sur l'humeur et est efficace pour réduire l'anxiété et le stress (Barnason, Zimmerman et Nieveen, 1995; Hole et al., 2015; Kemper et Danhauer, 2005).

De la même façon, les recherches réalisées en laboratoire ont démontré que la musique a des effets bénéfiques sur le stress autorapporté suite à l'induction d'un stress aigu (p.ex., une tâche arithmétique; Jiang, Rickson et Jiang, 2016; Pelletier, 2004). En effet, l'écoute de la musique après l'induction d'un stress permettrait de récupérer plus rapidement de ce stress, et serait plus efficace que le silence (Chafin, Roy, Gerin et Christenfeld, 2004; De la Torre-Luque, Díaz-Piedra et Buela-Casal, 2017; Ilie et Rehana, 2013; Khalfa, Dalla Bella, Roy, Peretz et Lupien, 2003; Lee, Jeong, Yim et Jeon, 2016) ou les bruits blancs (bruit ressemblant à une chute d'eau; Sandstrom et Russo, 2010). De plus, bien qu'il ait été montré que la musique aide à la régulation du stress lorsqu'elle est écoutée avant (Chen, Mishra et Chen, 2019) ou pendant (Knight et Rickard, 2001) une tâche de stress, les résultats sur l'effet de la musique écoutée avant une situation stressante sont divergents (Burns et al., 2002; Thoma et al., 2013). Ainsi, la recherche semble montrer qu'un plus grand nombre d'études ayant trouvé un effet bénéfique de la musique sur le stress utilisaient un protocole dans lequel la musique était écoutée en phase de récupération post-stress.

Dans la littérature, l'intérêt pour l'effet thérapeutique de la musique est grandissant, car elle se distingue des autres méthodes de gestion du stress (p. ex., la relaxation) par son caractère

agréable (Schäfer, Sedlmeier, Städtler et Huron, 2013). Elle est principalement utilisée pour moduler les émotions (p. ex., se calmer) et elle peut parfois induire des émotions fortes (Chanda et Levitin, 2013). En effet, l'écoute d'extraits musicaux agréables provoquerait un sentiment de joie, et augmenterait l'activité du système parasympathique (diminuant l'activité du SNS), ce qui aurait pour effet de réduire le stress (de Witte et al., 2020; Labbé, Schmidt, Babin et Pharr, 2007). D'ailleurs, il a été montré que la musique très agréable recrute les systèmes neuronaux associés à la récompense et aux émotions, de manière similaire à une réponse provoquée par la nourriture, le sexe ou les drogues (Blood et Zatorre, 2001; Ferreri et al., 2019; Zatorre et Salimpoor, 2013). Entre autres, certaines régions du système limbique, l'amygdale ainsi que le cortex frontal sont fréquemment activés lors de l'écoute de la musique (Boso, Politi, Barale et Emanuele, 2006; Koelsch, 2014). Puisque la musique module les régions associées aux processus émotionnels, elle pourrait influencer l'état émotionnel relié au stress et diminuer les inquiétudes, l'agitation ou la nervosité (de Witte et al., 2020). Ainsi, la musique aurait un effet calmant sur la réponse émotionnelle de stress.

3.2. Caractéristiques des musiques réduisant le stress

La plupart des études visant à explorer l'effet de la musique sur le stress utilisent des musiques dites relaxantes, douces ou apaisantes. Par contre, la sélection des extraits musicaux est rarement décrite dans ces études, ce qui rend difficile la comparaison entre elles (Chanda et Levitin, 2013). En effet, les caractéristiques émotionnelles des musiques (p. ex., le caractère relaxant) et les paramètres musicaux (p. ex., le tempo) sont peu décrits ou mesurés dans les études explorant l'effet de la musique sur le stress. Par exemple, des recherches ont établi que la musique classique réduisait de manière plus importante le stress à la suite d'une situation stressante (p. ex., effectuer un calcul mental), en comparaison à l'écoute d'autres styles musicaux comme le jazz, le pop ou le *heavy metal* (Chafin et al., 2004; Labbé et al., 2007). Toutefois, rien ne rend explicite le fait que la musique classique soit agréable et relaxante.

Paradoxalement, la littérature sur la perception des émotions musicales a révélé que le tempo (vitesse de la musique en battements par minute; bpm) et le mode (sous-ensemble de tonalité) sont deux paramètres reliés au caractère relaxant de la musique (Gabrielsson et Lindström,

2010). En effet, le mode majeur¹ et le tempo lent sont associés aux propriétés relaxantes de la musique (Chanda et Levitin, 2013; Gabrielsson et Lindström, 2010). Il a été démontré qu'un tempo lent (p. ex., 60-80 bpm) est associé à la réduction de la réactivité physiologique (p. ex., la fréquence cardiaque; Chanda et Levitin, 2013; de Witte et al., 2020) et du niveau de cortisol (Bernardi, Porta et Sleight, 2006; Ooishi, Mukai, Watanabe, Kawato et Kashino, 2017), résultant en une meilleure relaxation. En outre, le mode majeur serait en général associé à des émotions positives (telles que la joie ou la gratitude; Juslin et Sloboda, 2011). De plus, les caractéristiques émotionnelles de la musique sont souvent décrites selon les dimensions de valence émotionnelle (le caractère agréable ou désagréable) et d'activation (le caractère relaxant ou stimulant; Eerola et Vuoskoski, 2011; Jiang et al., 2016). Plus spécifiquement, ces caractéristiques émotionnelles sont mesurées à l'aide d'échelles visuelles analogues (EVA; ligne horizontale de 100 mm représentant un continuum; p. ex., pour l'activation allant de très relaxant à très stimulant). Le matériel musical considéré comme étant le plus efficace pour réduire le stress et les tensions est jugé comme relaxant et agréable (Jiang et al., 2016; Sandstrom et Russo, 2010).

En plus des paramètres musicaux et des caractéristiques émotionnelles, une revue de littérature rapporte que la musique choisie par les chercheurs serait plus efficace que celle choisie par le participant pour réduire son stress (Pelletier, 2004), bien que l'aspect de préférence musicale ne soit pas négligeable dans l'effet qu'aura la musique sur l'individu (Jiang et al., 2016). Effectivement, l'un des facteurs importants pour induire un état de relaxation est le fait que le sujet perçoive la musique comme étant relaxante (Labbé et al., 2007). En outre, la musique sans paroles aura un plus grand effet sur la réduction du stress dû à l'effet distracteur des paroles (Chanda et Levitin, 2013; de Witte et al., 2020).

En somme, les effets bénéfiques de la musique relaxante sur le stress ont été largement démontrés dans la littérature, tant en laboratoire que dans le contexte clinique (de Witte et al., 2020; Hole et al., 2015; Pelletier, 2004). De plus, l'intervention musicale est une technique simple, peu coûteuse, non invasive et qui ne présente pas d'effet secondaire (de Witte et al., 2020; Dileo et Bradt, 2007; Kemper et Danhauer, 2005). Cela suggère que l'écoute de la musique pourrait être un

¹ Mode majeur : groupe de plusieurs gammes toutes caractérisées par la même structure (c.-à-d. les mêmes écarts de tons : ton, ton, demi-ton, ton, ton, ton, demi-ton); exemple de musique composé en mode majeur avec un tempo lent : Orchestral Suite No 3, Air on a G string – Johann Sebastian Bach

moyen efficace pour réduire le stress chez les athlètes ayant subi une CCOS. En effet, les athlètes représentent une population particulière lorsqu'il est question de gestion du stress en raison de leur mode de vie, notamment leur exposition fréquente à des situations stressantes. Les athlètes ayant subi une CCOS deviennent encore plus vulnérables aux facteurs de stress auxquels ils sont confrontés. En plus, la problématique de stress semble persister au-delà du processus de récupération des CCOS. Ainsi, il est important d'outiller ces athlètes afin de les aider à mieux gérer leur stress. Pour ce faire, l'exploration des effets d'une intervention musicale sur le stress chez les athlètes avec et sans CCOS permettrait de mieux comprendre leurs enjeux et de vérifier l'efficacité d'une telle intervention.

Objectifs et hypothèses de la recherche

L'objectif central de la présente recherche est d'explorer l'effet d'une intervention d'écoute musicale sur le stress induit en laboratoire chez des athlètes avec et sans commotions cérébrales. Plus spécifiquement, l'étude vise à comparer l'effet de l'écoute de musique relaxante et agréable ainsi que de l'absence d'intervention sur le stress autorapporté en période de récupération post-stress chez des groupes d'athlètes ayant subi ou non des CCOS. Il est prédit que les mesures de stress autorapportées diminueront de façon plus importante lors de la récupération post-stress chez les athlètes avec et sans CCOS qui écouteront de la musique en comparaison avec ceux qui n'auront pas d'intervention. De plus, bien que les athlètes semblent être moins réactifs lors d'un stress induit en laboratoire (Mücke et al., 2018; Rimmele et al., 2009), les athlètes ayant subi une CCOS devraient être plus sensibles au stress que les athlètes n'ayant pas subi de CCOS lors de la procédure d'induction de stress et devraient donc bénéficier d'une plus grande mesure de l'intervention musicale sur leur niveau de stress.

D'autre part, cette étude vise à examiner les relations entre l'anxiété et le stress des athlètes. Comme il a été documenté que l'anxiété peut influencer la perception du stress, les relations entre l'anxiété d'état et de trait ainsi que les mesures autorapportées de stress prises au cours du protocole d'induction de stress seront explorées. En raison du caractère exploratoire de cet objectif secondaire, aucune hypothèse n'est formulée.

Méthode

1. Participants

L'échantillon total est composé de 91 athlètes (masculin, $n = 49$ et féminin, $n = 42$). Ces derniers ont été recrutés par le biais d'annonces transmises par courriel aux responsables de différentes organisations sportives ainsi que sur les réseaux sociaux. Les athlètes provenaient d'organisations sportives postsecondaires (en particulier l'Université de Montréal et le Collège Montmorency) ou civiles québécoises. Pour participer à l'étude, les participants devaient être âgés entre 18 et 35 ans. Ils devaient être considérés comme des athlètes de niveau compétitif et l'entraînement de leur sport devait être un aspect principal de leur quotidien. En moyenne, les athlètes s'entraînaient 12 heures par semaine et avaient 17 compétitions par année. Au moment de leur participation, ils ne devaient pas présenter de trouble auditif, psychiatrique (p. ex., dépression, trouble anxieux) ou neurologique (p. ex., épilepsie) et ne devaient pas consommer de drogue psychotrope. Les troubles d'apprentissages et le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) ont été investigués chez tous les athlètes. L'échantillon comprend cinq athlètes ayant un diagnostic de TDA/H et aucun athlète ayant un trouble d'apprentissage.

Parmi ces athlètes, 35 avaient subi au moins une CCOS. Le professionnel ayant effectué le diagnostic de la CCOS varie chez les participants (p. ex., médecins, physiothérapeute). Le délai depuis la dernière CCOS devait être d'au moins trois mois. Lors de l'investigation de la CCOS, le Formulaire des traumatismes craniocérébraux légers antérieurs (De Beaumont et al., 2009) a été utilisé afin de documenter le contexte de la ou des commotions ainsi que les signes et symptômes ressentis au moment de leur accident. De plus, les participants n'ayant pas rapporté de CCOS ont été questionnés sur un historique de « choc à la tête ». Dans le cas où la réponse était positive, le contexte ainsi que les signes des CCOS ont été investigués à l'aide du Formulaire des traumatismes craniocérébraux légers antérieurs. Chaque participant fut assigné aléatoirement à l'une des deux conditions d'intervention lors de la récupération post-stress, soit écouter de la musique agréable et relaxante ou être sans intervention (silence).

2. Mesures

2.1. Symptômes affectifs

Le stress, l'anxiété ainsi que les symptômes dépressifs ont été évalués à l'aide de mesures autorapportées largement utilisées dans la littérature (de Witte et al., 2020).

Les mesures autorapportées de stress ont été prises à l'aide d'une échelle visuelle analogue (EVA) présentée sur l'écran d'un ordinateur. L'EVA correspond à une ligne horizontale de 100 mm représentant un continuum allant de « aucun stress » à « stress intense » (voir Figure 1; Lesage et Chamoux, 2008). Le participant devait cliquer, à l'aide de la souris, sur la ligne à l'endroit qui correspond le mieux à l'intensité du stress ressenti au moment même où elle est remplie. L'EVA est reconnue pour sa stabilité temporelle et pour son utilisation rapide, facile et courante en recherche (coefficient de reproductibilité 95,14%; Kliger et al., 2015; Lesage et Chamoux, 2008; Lesage, Chamoux et Berjot, 2009). Cette mesure a permis d'évaluer le stress autorapporté à différentes reprises au cours du protocole de recherche.

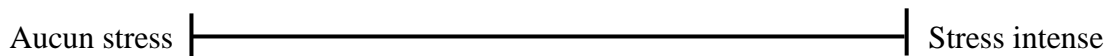


Figure 1. Échelle visuelle analogue de stress

La version francophone et abrégée du *Perceived Stress Scale* (PSS; Cohen, Kamarck et Mermelstein, 1983; Lesage, Berjot et Deschamps, 2012b) a également été complétée par tous les participants. Cette échelle est rapide, facile d'utilisation et permet d'évaluer à quel point les situations de vie du dernier mois sont perçues comme menaçantes, imprévisibles, incontrôlables et pénibles. Elle contient 10 items à répondre avec des échelles de type Likert en 5 points (de 0 *Jamais* à 4 *Souvent*, pour un score maximum de 50 points) et présente une bonne consistance interne ($\alpha = 0,83$; Lesage et al., 2012b). Ce questionnaire a permis de vérifier si le stress perçu au quotidien est similaire entre les groupes.

La version francophone de l'inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété (*STAI*; Bergeron, Landry et Bélanger, 1976; Spielberger, Gorsuch et Lushene, 1970) comporte deux parties permettant de mesurer : 1- le niveau d'anxiété au moment même où le questionnaire est

rempli (c.-à-d., le score d'anxiété d'état, 20 items pour un score maximum de 80 points), et 2- le niveau d'anxiété général (c.-à-d., le score de trait d'anxiété, 20 items pour un score maximum de 80 points). Pour chaque item, le participant devait évaluer à quel point l'énoncé correspond à ce qu'il ressent avec une échelle de type Likert en 4 points (de 1 *Pas du tout* à 4 *Beaucoup*). Cet outil a également une consistance interne adéquate (homme : $\alpha = 0,94$; femme : $\alpha = 0,86$; Okun, Stein, Bauman et Silver, 1996). Deux scores d'anxiété, d'état et de trait, ont donc été recueillis auprès de chaque participant et permettront de comparer les groupes.

La seconde édition francophone de l'inventaire de dépression de Beck (*BDI-II*; Beck, Steer et Brown, 1996) permet d'investiguer la présence des symptômes dépressifs. Il évalue l'intensité de 21 symptômes typiques de la dépression à l'aide d'une échelle de type Likert en 4 points (de 0 à 3, pour un score maximum de 63 points). Ce questionnaire a été utilisé dans cette étude afin de s'assurer que les symptômes dépressifs soient semblables entre les groupes.

2.2. Vitesse de traitement de l'information

La vitesse de traitement de l'information a été mesurée à l'aide d'une version alternative du *Symbol Digit Modalities Test (SDMT)* qui a été spécifiquement validée auprès d'athlètes ayant des CCOS et qui est équivalente à la version originale (Hinton-Bayre et Geffen, 2005). Dans ce test, le participant devait écrire le chiffre associé à chaque symbole selon une clé de réponse le plus rapidement possible et sans faire d'erreurs durant 90 secondes (Smith, 1982). Le nombre d'items correctement complétés durant le temps limite a été compilé de sorte à obtenir un score total brut. Ces scores seront comparés entre les quatre groupes.

2.3. Symptômes persistants des CCOS

Le Questionnaire des symptômes post-commotionnels Rivermead permet d'évaluer la présence de symptômes persistants à la suite d'une CCOS (King, Crawford, Wenden, Moss et Wade, 1995). Il comporte 16 symptômes (p. ex., maux de tête, étourdissement) dont l'intensité est évaluée à l'aide d'une échelle de 0 (jamais éprouvé) à 4 (est un problème sévère), en comparant les dernières 24 heures avec le fonctionnement prémorbide (Potter, Leigh, Wade et Fleminger, 2006). Il s'agit d'une mesure valide des symptômes persistants (Sullivan et Garden, 2011) ayant une excellente fidélité test-retest (0.91; King et al., 1995).

3. Matériel musical

Le matériel musical a été sélectionné à l'aide d'une préétude lors de laquelle 42 musiques instrumentales du répertoire classique ont été présentées à 10 participants (Tat, Pelletier, Massicotte et Gosselin, 2015). Ils ont jugé la valence émotionnelle (de très désagréable à très agréable) et le niveau d'activation (de très relaxant à très stimulant) de chaque pièce musicale, à l'aide d'échelles visuelles analogues. Les six extraits instrumentaux ayant été jugés comme étant les plus relaxants et agréables ont été présentés aux participants de nos groupes ayant été assignés à la condition musique. Toutes les pièces musicales sont composées en mode majeur et ont un tempo lent (entre 58 et 80 bpm; voir Tableau 2).

Tableau 2

Liste des extraits musicaux relaxants et agréables

Titre de l'extrait	Compositeur	Tempo (bpm)
<i>Air on a G String</i>	Johann Sebastian Bach	62
<i>Carmen Suite No. 1, Intermezzo</i>	Georges Bizet	68
<i>Prelude A, Major op 28 no.7</i>	Frédéric Chopin	62
<i>Clarinet Concerto in A, II Adagio</i>	Wolfgang Amadeuz Mozart	80
<i>Méditation</i>	Jules Massenet	58
<i>The Lovers Bless You and Keep You</i>	John Rutter	80

4. Déroulement de la recherche

Le protocole de recherche a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche en arts et en sciences de l'Université de Montréal ainsi que le Comité d'éthique de la recherche du Collège Montmorency.

Chaque participant fut d'abord contacté par téléphone afin de valider les critères d'inclusion et d'exclusion (l'âge, le niveau sportif, l'état de santé, les commotions cérébrales, etc.). À leur arrivée au laboratoire, l'étude a été expliquée aux participants, et ces derniers étaient invités à lire et à signer le formulaire d'informations et de consentement. Le BDI-II était rempli afin de vérifier l'intensité des symptômes dépressifs. Dans le cas où le score global atteignait un seuil clinique trop élevé ($>20/63$), le participant était incité à reconsidérer sa décision à prendre part à l'étude et était référé vers les ressources psychologiques appropriées. Le SDMT était ensuite administré à tous les

participants. Par la suite, les athlètes avec CCOS étaient questionnés sur leur historique de commotions cérébrales (Formulaire des traumatismes craniocérébraux légers antérieurs) ainsi que sur la présence éventuelle de symptômes persistants au moment de l'expérimentation (Questionnaire des symptômes post-commotionnels Rivermead). Ensuite, un questionnaire maison était complété afin de recueillir les données sociodémographiques, de santé, de pratique sportive et d'expérience musicale des participants. Le niveau global de stress ressenti (PSS) ainsi que le niveau d'anxiété d'état et de trait (STAI) ont été évalués.

Puis, la procédure du Test de stress social de Trier (TSST) débutait (Kirschbaum, Pirke et Hellhammer, 1993). Le TSST est une tâche de stress socioévaluative standardisée impliquant une sensation de menace à l'égo et d'imprévisibilité permettant d'induire un stress physiologique et psychologique chez les participants. Ce protocole, incluant une simulation d'entrevue et une tâche de calcul mental, représente la façon la plus efficace d'induire un stress en laboratoire (Dickerson et Kemeny, 2004). En effet, l'administration du TSST permet d'augmenter le niveau de stress chez plus de 70 % des participants et permet de reproduire un stress psychologique plus naturel et comparable à celui lors d'une performance (Birkett, 2011; Kirschbaum et al., 1993). Il comporte quatre phases : 1- Niveau de base, 2- Anticipation, 3- Stress et 4- Récupération, lors desquelles des mesures autorapportées de stress (EVA) ont été recueillies à cinq reprises (T1 à T5; voir Figure 2).

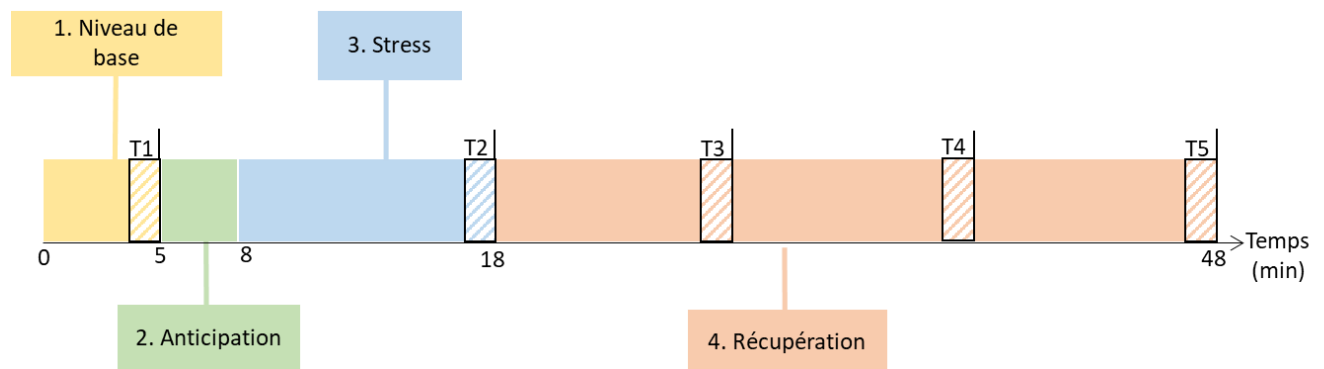


Figure 2. Déroulement du Test de stress social de Trier

- 1- La première phase permet d'obtenir le **niveau de base** de stress du participant. Il était demandé au participant de rester assis confortablement durant cinq minutes, en bougeant le

moins possible. Juste après l'écoulement des cinq minutes, le participant évaluait son niveau de stress à l'aide de l'EVA (T1).

- 2- Lors de la phase d'**anticipation**, le participant était informé qu'il disposait de trois minutes pour préparer mentalement un discours décrivant les raisons pour lesquelles il serait le candidat idéal pour son emploi de rêve. L'expérimentateur mentionnait que l'entretien était filmé afin de mieux évaluer la performance.
- 3- Au début de la phase de **stress**, l'expérimentateur répétait les consignes, démarrait l'enregistrement vidéo, puis demandait au participant de commencer son discours. Durant les cinq minutes du discours, l'expérimentateur regardait le participant avec une expression faciale neutre en prenant des notes. Si le participant arrêta son discours avant la fin des 5 minutes, l'expérimentateur patientait 20 secondes et l'informait qu'il restait du temps en l'invitant à continuer son discours. Par la suite, l'expérimentateur expliquait la tâche de calcul mental durant laquelle le participant devait soustraire 13 du nombre 1022 de façon succincte ($1022 - 13 = 1009$; $1009 - 13 = 996$, etc.). Le participant devait donner le plus de réponses en cinq minutes et il devait recommencer du nombre initial s'il commettait une erreur. À la fin de cette phase de stress (10 minutes), le participant évaluait son niveau de stress à l'aide de l'EVA (T2).
- 4- Lors de la phase de **récupération**, d'une durée de 30 minutes, le participant était invité à relaxer en fermant les yeux, soit en écoutant la musique ou en l'absence d'intervention. Les extraits musicaux étaient présentés aux participants à l'aide des écouteurs *Beyerdynamics DT990PRO*, connectés à un amplificateur *Powerplay Pro-8*, à un volume confortable d'environ 75 dB. Afin d'uniformiser les manipulations, les participants des groupes sans intervention devaient aussi porter les écouteurs. Toutes les dix minutes lors de la récupération, des instructions vocales transmises par les écouteurs indiquaient aux participants les moments où ils devaient compléter les EVA de stress (T3 à T5).

À la suite de la période de récupération du TSST, les participants des groupes ayant écouté de la musique devaient évaluer les pièces musicales précédemment entendues selon: la valence émotionnelle (très agréable ou très désagréable) et le niveau d'activation (très relaxant ou très stimulant). Pour ce faire, des extraits d'environ 15 secondes étaient rejoués, puis évalués à l'aide des mêmes EVA que celles préalablement décrites dans la préétude de sélection du matériel musical.

Finalement, le participant pouvait quitter après que l'expérimentateur s'était assuré que son niveau de stress était abaissé. Tous les athlètes ont reçu une contribution financière pour leur participation.

5. Analyses statistiques

De l'échantillon total, huit participants ont été exclus. Des problèmes techniques sont survenus pour six participants (p. ex., absence de musique durant la récupération). Par ailleurs, deux autres participants ont été exclus, car le TSST n'a pas induit de stress; l'un d'eux avait un score de zéro à l'EVA représentant son niveau de stress à la suite de l'induction de stress (T2) et l'autre a verbalisé durant l'expérimentation ne pas avoir ressenti de stress. Ainsi, les données d'un échantillon final de 83 participants ont été analysées.

D'abord, les variables sociodémographiques, les habitudes musicales, les symptômes affectifs et le score de vitesse de traitement de l'information ont été comparés entre les quatre groupes à l'aide d'ANOVA avec un facteur intersujet. Concernant la vitesse de traitement de l'information, seulement une partie de l'échantillon ($n = 56$) a effectué le SDMT en raison d'une modification du protocole de recherche (ajout de la mesure en cours de recherche). Des tests de Khi-Carré ont été utilisés pour comparer les données catégorielles (p. ex., sexe). Les types de sport pratiqués par les participants ont été regroupés en catégorie afin de faciliter la comparaison (p. ex., le soccer et le hockey ont été classés dans les sports de contact; pour plus de détails sur la classification, voir l'annexe 1). De plus, les deux groupes d'athlètes commotionnés ont été comparés pour les variables liées aux CCOS (p. ex., nombre de CCOS, délai depuis la dernière CCOS) à l'aide de tests T à échantillons indépendants. Également, la moyenne des jugements de valence émotionnelle et du niveau d'activation des six extraits musicaux a été calculée pour tous les participants. Ces jugements moyens ont ensuite été comparés entre les deux groupes ayant écouté de la musique durant la phase de récupération à l'aide de tests T à échantillons indépendants. Dans le cas où l'une des variables précédemment mentionnées serait significativement différente entre les groupes et qu'elle corrèlerait avec les mesures de stress, elle serait ajoutée en covariable lors des analyses principales concernant le stress.

Par la suite, les moyennes des mesures autorapportées de stress (EVA, valeurs possibles entre 0 et 100) ont été soumises à une ANOVA mixte à trois facteurs : deux facteurs intersujets,

Population (non commotionné, commotionné) et Condition (musique, silence) et un facteur intrasujet, Temps de mesure (T1 à T5). Afin d'approfondir notre compréhension des résultats, des analyses subséquentes ont été effectuées : 1- pour analyser l'effet du temps sur la mesure de stress à l'intérieur de chaque groupe séparément, des ANOVA à mesures répétées ont été effectuées, 2- pour vérifier les différences entre les groupes lors des différentes phases, des tests T à échantillons indépendants ont été effectuées pour chaque temps de mesure. Des comparaisons appariées utilisant la correction de Bonferroni ont été effectuées pour localiser les effets principaux et simples. Pour toutes les ANOVA, une correction de Greenhouse-Geisser a été utilisée lorsque le postulat de sphéricité n'était pas respecté.

Enfin, des analyses corrélationnelles de Pearson ont exploré les liens entre les deux scores d'anxiété d'état et de trait (STAI) et les mesures de stress aux différents temps du TSST (EVA T1 à T5).

Résultats

1. Participants

Les caractéristiques des quatre groupes : non commotionné musique (NCM), non commotionné silence (NCS), commotionné musique (CM) et commotionné silence (CS) sont présentées dans le Tableau 3. Tel qu'il est possible de constater, les analyses montrent que ces groupes sont équivalents en termes de sexe, d'âge, du nombre d'années de scolarité, et d'habitudes musicales (nombre d'heures d'écoute musicale par semaine, nombre d'années de formation musicale formelle). De la même façon, les scores aux mesures affectives (symptômes dépressifs, stress perçu, anxiété d'état, anxiété de trait) ainsi que le score de la mesure cognitive (vitesse de traitement de l'information) ne sont pas significativement différents entre les quatre groupes.

En ce qui concerne les variables liées à la pratique sportive, les analyses comparatives entre les groupes n'ont pu être effectuées pour les variables du type de sport et du niveau de compétition puisqu'une fréquence inférieure à cinq était présente pour certaines catégories. De plus, les groupes ne sont pas significativement différents en ce qui concerne le nombre d'années de pratique sportive.

Enfin, les deux groupes de participants ayant subi des CCOS (CM et CS) sont équivalents quant au délai depuis leur dernière commotion et au nombre de symptômes persistants ressentis. Toutefois, les analyses montrent que le groupe CM a subi significativement plus de CCOS que le groupe CS.

Tableau 3

Caractéristiques des groupes expérimentaux

	Variables	Groupe NCM (n = 25)	Groupe NCS (n = 25)	Groupe CM (n = 16)	Groupe CS (n = 17)	Valeur <i>p</i>
Informations démographiques	Sexe (masculin/féminin)	12/13	15/10	9/7	10/7	,837
	Âge (années)	21,84 (1,52)	21,92 (2,93)	22,88 (3,56)	23,65 (4,87)	,255
	Scolarité (années)	16,70 (1,89)	16,80 (2,52)	16,56 (2,22)	16,38 (2,47)	,945
Habitudes musicales	Nombre d'heures d'écoute de musique/semaine	10,45 (12,91)	7,06 (7,75)	11,39 (11,05)	15,73 (12,75)	,112
	Formation musicale formelle (années)	2,4 (3,10)	1,6 (2,84)	1,51 (2,41)	2,00 (3,14)	,729
Pratique sportive	Nombre d'années de pratique sportive	9,65 (4,72)	8,78 (4,54)	12,31 (6,25)	9,06 (4,64)	,197
	Types de sport pratiqué (de contact, d'équipe avec contacts réduits, aquatiques, d'endurance, de balle/volant, d'équilibre/coordination)	3/4/9/4/4/1	10/0/2/8/5/0	11/2/0/1/0/2	5/2/2/5/0/3	-
	Niveau compétitif (International, National, Provincial, Universitaire, Collégial, Civil AAA, Civil AA, Civil A, Civil B)	0/2/3/11/1/4/2/ 1/0	2/3/1/12/2/1/2/ 1/1	2/0/0/7/1/1/3 /1/1	3/4/2/5/0/1/1 /1/0	-
Mesures affectives	BDI-II (dépression, score max = 63)	5,56 (4,69)	5,24 (4,89)	4,88 (4,65)	5,53 (4,36)	,969
	PSS (stress, score max = 40)	13,76 (5,80)	14,16 (4,82)	14,13 (5,52)	14,65 (6,43)	,968
	STAI-état (anxiété d'état, score max = 80)	32,76 (7,52)	32,64 (7,60)	32,81 (5,98)	30,88 (5,12)	,804
	STAI-trait (anxiété de trait, score max = 80)	38,28 (6,81)	37,40 (7,48)	36,25 (6,23)	35,76 (5,33)	,620
Mesure cognitive	SDMT (vitesse de traitement, score max = 110)	54,50 (5,7) (n = 10)	57,38 (8,53) (n = 16)	58,14 (7,42) (n = 14)	58,88 (4,60) (n = 16)	,466
Informations sur les commotions cérébrales	Nombre de commotions cérébrales	-	-	3,00 (1,67)	1,82 (1,19)	,026*
	Nombre de mois depuis la dernière commotion	-	-	33,80 (20,48)	51,53 (54,08)	,245
	Nombre de symptômes persistants	-	-	6,47 (4,97)	6,93 (5,80)	,815

Note. Les données présentées ci-haut sont les moyennes (écart-type) des groupes pour chaque variable, à l'exception du sexe, du type de sport pratiqué et du niveau compétitif, pour lesquels la fréquence est indiquée. La valeur *p* des ANOVA à un facteur est indiquée pour les informations démographiques (à l'exception du sexe où la valeur *p* du test de Khi-Carré est indiquée), les habitudes musicales, le nombre d'années de pratique sportive, les mesures affectives et la mesure cognitive. La valeur *p* des tests T à échantillons indépendants est indiquée pour les informations sur les commotions cérébrales. * $p < 0,05$. NCM, non commotionné musique; NCS, non commotionné silence; CM, commotionné musique; CS, commotionné silence; BDI-II, *Beck Depression Inventory-II*; PSS, *Perceived Stress Scale*; STAI, Inventaire d'anxiété situationnelle et de trait d'anxiété; SDMT, *Symbol Digit Modalities Test*.

2. Jugements émotionnels des extraits musicaux

Puisque l'appréciation de la musique écoutée peut influencer ses effets sur le stress, les jugements de valence émotionnelle et du niveau d'activation ont été recueillis chez les participants des groupes NCM et CM (voir Tableau 4). Les analyses montrent que les athlètes du groupe CM ont jugé les extraits musicaux significativement plus agréables et plus relaxants que ceux du groupe NCM.

Tableau 4

Jugements moyens de valence émotionnelle et du niveau d'activation des extraits musicaux, selon les deux groupes musicaux

	NCM	CM	Valeur p
Valence émotionnelle	71,48 (16,07)	84,27 (14,91)	,017*
Niveau d'activation	21,88 (10,54)	13,73 (12,29)	,032*

Note. Les moyennes (écart-type) des jugements sont présentées en fonction des groupes pour chaque variable. La valeur p des tests T indépendants est indiquée pour chaque jugement émotionnel. * $p < 0,05$. Jugement de la valence émotionnelle : de 0 (très désagréable) à 100 (très agréable); Jugement du niveau d'activation : de 0 (très relaxant) à 100 (très stimulant).

3. Mesures autorapportées de stress

Étant donné qu'aucune corrélation (toutes $p > 0,05$) n'a été retrouvée entre les mesures autorapportées de stress et le nombre de commotions cérébrales ou les jugements émotionnels (valence et le niveau d'activation), les analyses des mesures autorapportées de stress ont été effectuées sans ces covariables.

Les mesures autorapportées de stress sont illustrées à la Figure 3. Le résultat de l'interaction de l'ANOVA mixte à trois facteurs Population (2) X Condition (2) X Temps (5) n'est pas significatif ($F(3, 217) = 1,96, p = 0,126, \eta^2_{\text{partiel}} = 0,024$). De la même façon, les interactions Population X Temps et Population X Condition ne sont pas significatives ($F(3, 217) = 0,776, p = 0,499, \eta^2_{\text{partiel}} = 0,010$ et $F(1, 79) = 1,00, p = 0,320, \eta^2_{\text{partiel}} = 0,013$, respectivement). Cependant, une tendance est observée pour l'interaction Conditions x Temps ($F(3, 217) = 2,63, p = 0,056, \eta^2_{\text{partiel}} = 0,032$).

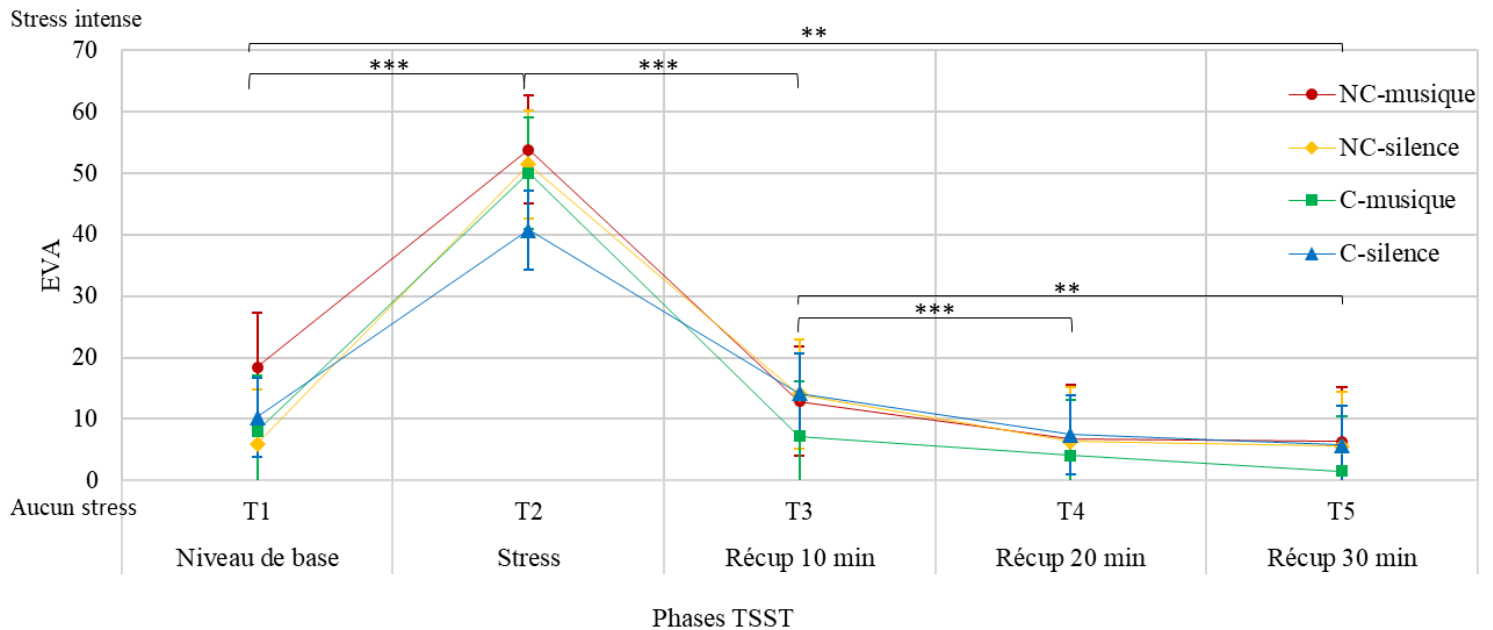


Figure 3. Scores EVA moyens en fonction des groupes et des temps de mesure

Note. Le niveau de stress moyen de chaque groupe (\pm erreur standard) est présenté aux différents temps de mesure (T1 à T5).

** $p \leq 0,005$. *** $p < 0,001$.

Par la suite, les effets principaux de la Population (C et NC) et de la Condition (musique et silence) ne montrent pas de différence statistiquement significative ($F(1,79) = 2,05$, $p = 0,156$, $\eta^2_{\text{partiel}} = 0,025$ et $F(1,79) = 0,10$, $p = 0,756$, $\eta^2_{\text{partiel}} = 0,001$, respectivement). Toutefois, l'effet principal du Temps est significatif ($F(3, 217) = 180,61$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{partiel}} = 0,696$). Les comparaisons appariées subséquentes montrent d'abord une augmentation significative de la mesure de stress entre le niveau de base et la phase de stress (T1-T2, $p < 0,001$). Ensuite, la mesure de stress lors de la phase de stress diminue de façon statistiquement significative lorsque comparée à la 10^e minute de la phase de récupération (T2-T3, $p < 0,001$). La mesure de stress continue de diminuer de façon significative entre la 10^e minute de la récupération et la 20^e minute (T3-T4, $p < 0,001$), puis reste stable entre la 20^e et la 30^e minute de la récupération (T4-T5, $p = 1,00$). La mesure de stress à la fin de la phase de récupération est toutefois significativement inférieure au niveau de stress lors de la 10^e minute de récupération (T3-T5, $p = 0,002$). Finalement, la mesure de stress à la fin de la phase de récupération est significativement inférieure au niveau de base (T1-T5, $p = 0,005$).

Par ailleurs, bien qu'uniquement une tendance ait été obtenue pour l'interaction entre les conditions et les temps de mesures, les effets simples ont été analysés afin de mieux comprendre les résultats. Pour cela, des ANOVA à mesures répétées pour les temps de mesure T1 à T5 ont été effectuées séparément pour chaque condition (musique et silence). Les résultats indiquent des différences statistiquement significatives pour chacune des deux conditions, et ce, avec des effets de grandes tailles [musique : $F(2, 95) = 137,21$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{partiel}} = 0,774$; silence : $F(3, 111) = 71,06$, $p < 0,001$, $\eta^2_{\text{partiel}} = 0,634$]. Les comparaisons appariées subséquentes indiquent une augmentation statistiquement significative de la mesure de stress entre les phases de base et de stress (T1-T2) pour chacune des deux conditions (tous $p < 0,001$). Une diminution statistiquement significative de la mesure de stress est également notée entre la phase de stress et la 10^e minute de la récupération (T2-T3), et ce à nouveau pour les deux conditions (tous $p < 0,001$). De plus, le niveau de stress tend à diminuer entre la 10^e et la 20^e minute de la récupération pour les participants des deux conditions (musique : $p = 0,015$; silence : $p = 0,008$).

Concernant les mesures de stress de la phase de récupération, les deux conditions ont retrouvé un niveau de stress semblable à leur niveau de base (T1) après 10 minutes de récupération (T3). Ainsi, cela signifie qu'une diminution plus rapide du niveau de stress n'a pas été observée chez les participants ayant écouté de la musique (NCM et CM). Toutefois, il est possible de noter chez les participants ayant écouté de la musique que leur niveau de stress après 30 minutes de récupération (T5) est significativement plus faible que leur niveau de base (musique : $p = 0,001$). Cette différence avec le niveau de base est d'ailleurs observée après 20 minutes de récupération (T4) pour la condition musique ($p = 0,002$). Concernant les groupes sans intervention (NCS et CS), leur niveau de stress demeure stable vers la fin de la phase de récupération, montrant un niveau de stress similaire à leur niveau de base après 30 minutes de récupération (T5, $p = 1,00$).

Enfin, des Tests T à échantillons indépendants comparant le niveau de stress des participants ayant écouté de la musique et ceux étant restés dans le silence ont été effectués séparément pour chaque temps de mesure (T1 à T5). Les résultats montrent que la mesure autorapportée de stress des participants ayant écouté de la musique ($M = 14,34$, $ÉT = 16,64$) est significativement supérieure à celle des participants sans intervention ($M = 7,74$, $ÉT = 9,46$) au niveau de base (T1). Aucune autre différence significative n'est observée aux autres temps de mesure (T2 à T5).

4. Analyses corrélationnelles entre l'anxiété et le stress

4.1. Anxiété d'état et mesures de stress lors du TSST

Les analyses corrélationnelles incluant l'ensemble des participants montrent uniquement une corrélation positive significative de taille moyenne ($r(83) = 0,37, p = 0,001$) entre le score d'anxiété d'état (score au STAI-état) et la mesure de stress au niveau de base (T1; voir Figure 4). Lorsque les corrélations sont effectuées séparément pour chacun des groupes, seul le groupe NCM montre une corrélation positive statistiquement significative (effet de grande taille) entre le score d'anxiété d'état et la mesure de stress au niveau de base ($r(25) = 0,60, p = 0,002$). Par ailleurs, en examinant les scores d'anxiété d'état de chaque participant et en les comparant aux normes du questionnaire (Bergeron et al., 1976), il est possible de noter que trois participants rapportent un niveau d'anxiété d'état se situant au-delà du seuil clinique. Parmi ceux-ci, deux participants du groupe NCM se situent dans la zone élevée (seuil clinique pour les hommes > 43) et une participante du groupe NCS se situe dans la zone très élevée (seuil clinique pour les femmes > 54).

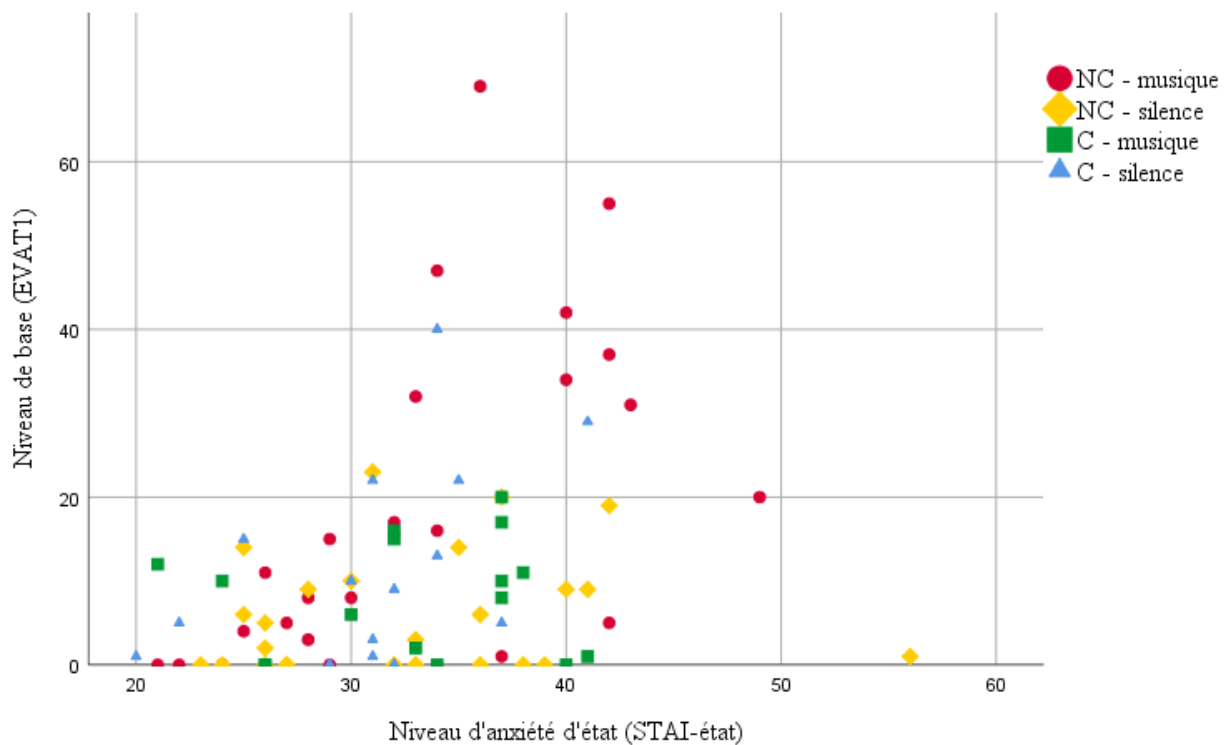


Figure 4. Scores d'anxiété d'état et mesures de stress lors du niveau de base en fonction des groupes

4.2. Anxiété de trait et mesures de stress lors du TSST

Par la suite, des résultats semblables à ceux obtenus précédemment avec l'anxiété d'état ont été trouvés. En considérant l'ensemble des participants, les analyses indiquent qu'une corrélation positive significative avec une taille d'effet moyenne a été obtenue lorsque les scores d'anxiété de trait et la mesure de stress au niveau de base (T1) sont comparés ($r(83) = 0,33$, $p = 0,002$, voir Figure 5). Lorsque les corrélations sont effectuées séparément pour chaque groupe, seul le groupe NCM montre une corrélation positive significative avec un effet de grande taille entre le score d'anxiété de trait et la mesure de stress au niveau de base (T1, $r(25) = 0,61$, $p = 0,001$).

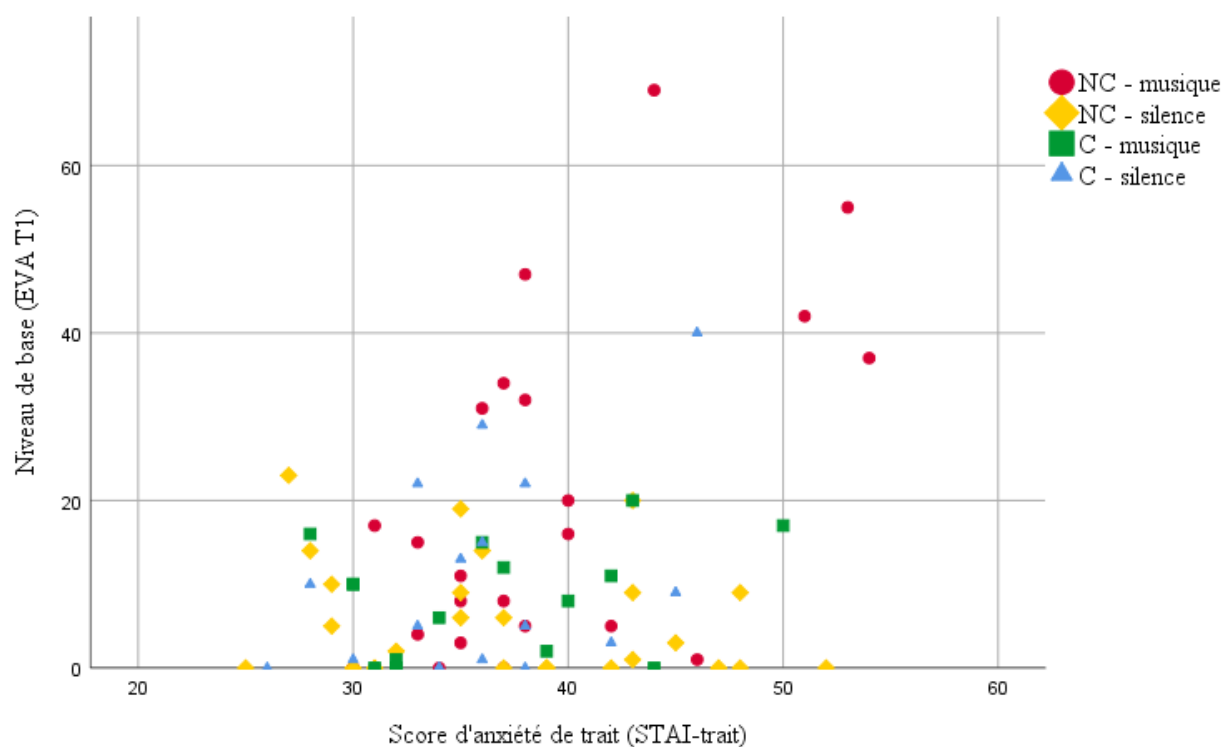


Figure 5. Scores d'anxiété de trait et mesures de stress lors du niveau de base en fonction des groupes

Par ailleurs, les corrélations incluant l'ensemble des participants, comparant le score d'anxiété de trait et la mesure de stress après la phase de stress (T2), après 10 minutes de récupération (T3) ou 20 minutes de récupération (T4) ne sont pas significatives (toutes $p > 0,05$). Toutefois, une corrélation positive significative avec un effet de taille moyen est obtenue entre le

score d'anxiété de trait et la mesure de stress après 30 minutes de récupération (T5, $r(83) = 0,25$, $p = 0,026$, voir Figure 6). Lorsque les mêmes analyses corrélationnelles sont effectuées séparément pour les groupes, uniquement le groupe NCM montre une corrélation positive significative avec un effet de taille moyen ($r(25) = 0,46$, $p = 0,02$). D'ailleurs, lorsque les scores individuels d'anxiété de trait sont examinés à l'aide des normes du STAI (Bergeron et al., 1976), sept participants indiquent un score supérieur au seuil clinique. Parmi eux, deux participant(e)s du groupe NCM, deux participant(e)s du groupe NCS, une participante du groupe CM et un participant du groupe CS se situent dans la zone élevée (seuil clinique pour les femmes > 49 et pour les hommes > 46). En plus, un participant du groupe NCM se situe dans la zone très élevée (seuil clinique pour les hommes > 52). Ainsi, bien que les participants n'aient pas rapporté de diagnostic de trouble anxieux et que les moyennes des scores d'anxiété ne soient pas significativement différentes entre les groupes, plusieurs participants rapportent de hauts niveaux d'anxiété d'état ou de trait.

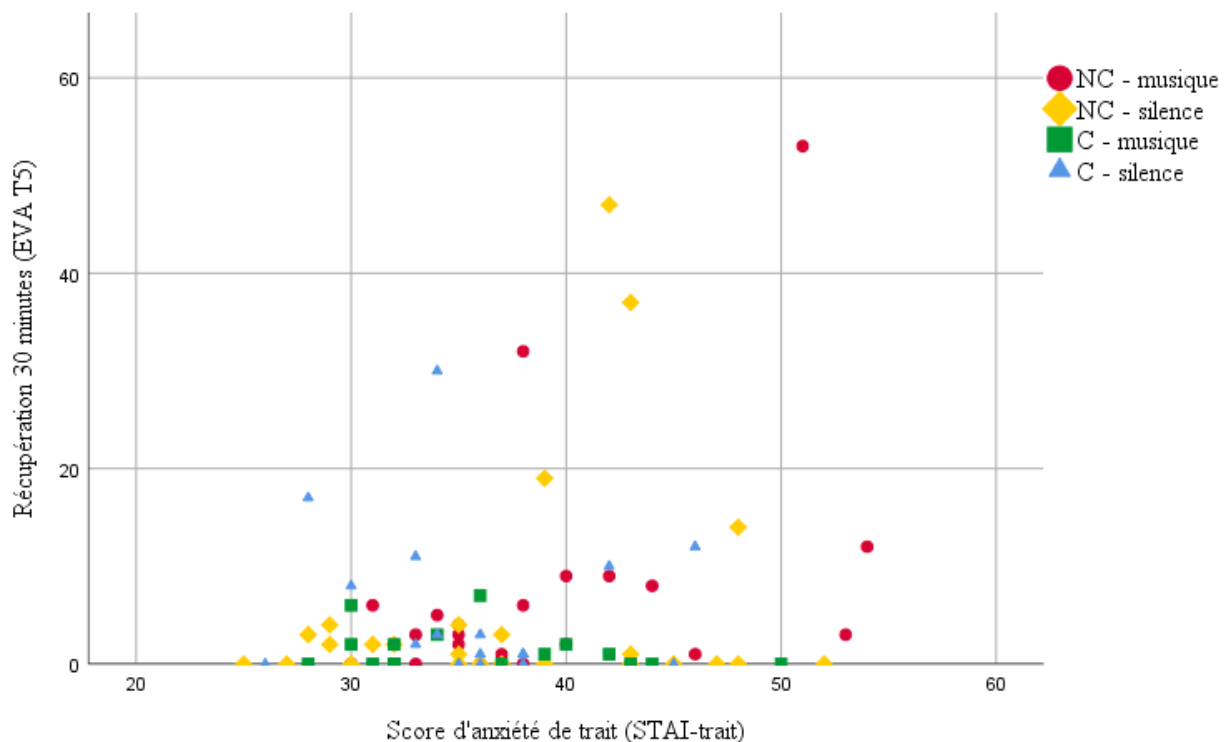


Figure 6. Scores d'anxiété de trait et mesures de stress après 30 minutes de récupération en fonction des groupes

5. Analyses descriptives individuelles

Finalement, afin de mieux comprendre nos résultats, des analyses descriptives individuelles ont été réalisées en comparant les participants à l'intérieur d'un même groupe et en vérifiant si certains patrons de réponses pourraient influencer les résultats. Les variables relatives à la pratique sportive, au stress perçu au quotidien (PSS) et au délai depuis la dernière CCOS ont été détaillées puisqu'elles semblent être les plus susceptibles d'avoir une influence.

D'abord, les informations concernant la pratique sportive ont été comparées puisqu'aucun test statistique n'a pu assurer l'homogénéité des groupes concernant le type de sport et le niveau sportif. L'analyse descriptive suggère qu'il est peu probable que ces deux variables affectent les résultats puisqu'aucun patron ne semble être majoritairement présent dans un groupe en particulier. Par exemple, les sports de contact sont majoritaires pour un groupe commotionné (CM) et un groupe non commotionné (NCS) et non uniquement majoritaire dans les groupes d'athlètes commotionnés. De la même façon pour le niveau sportif, les athlètes universitaires représentent la majorité des participants, et ce dans tous les groupes. En effet, la proportion des athlètes universitaires est similaire pour les groupes NCM ($11/25 = 44\%$), NCS ($12/25 = 48\%$) et CM ($7/16 = 44\%$). De même, les athlètes ayant le moins haut niveau sportif (civil B) sont peu nombreux et sont équivalents entre les groupes commotionné et non commotionné (un seul dans les groupes CM et NCS). Ces observations suggèrent que ces caractéristiques ont peu d'influence sur les résultats.

Concernant le PSS, les scores semblent plutôt homogènes, autant lorsque les participants sont comparés à l'intérieur de leurs groupes, que lorsque les groupes sont comparés entre eux. En ce sens, l'étendue des scores est semblable pour chaque groupe (NCM : entre 5 et 27; NCS : entre 6 et 23; CM : entre 4 et 25; CS : entre 3 et 27). Lorsque les scores individuels des participants sont comparés aux normes du questionnaire (Lesage et al., 2012b), un participant du groupe NCM et une participante du groupe CS se situent à plus de deux écarts-types de la moyenne. Il semble donc peu probable que cette variable influence les résultats.

Enfin, le délai depuis la dernière CCOS a été comparé entre les groupes d'athlètes commotionnés (CM et CS). Il est possible d'observer que le nombre de mois écoulés depuis la dernière CCOS est hétérogène entre les groupes CM et CS ainsi qu'au sein d'un même groupe. Alors que le délai minimum est semblable pour les deux groupes (CM : 3 mois; CS : 4 mois), une

grande différence est notée dans le délai maximum (CM : 72 mois; CS : 168 mois). Plus précisément, six participants du groupe CS indiquent un délai de plus de 72 mois depuis leur dernière commotion cérébrale. Ainsi, il ne peut être exclu que ces variations influencent les résultats de cette étude.

Discussion

L'objectif de la présente étude était d'explorer l'effet de l'écoute de musique relaxante et agréable sur le stress autorapporté lors de la récupération suivant l'induction de stress en laboratoire, chez des athlètes ayant subi ou non des commotions cérébrales d'origine sportive. Selon les résultats de la littérature, il était prédit que la musique favoriserait la récupération post-stress en comparaison à l'absence d'intervention. Il était également prédit que l'effet bénéfique de la musique sur le stress serait plus important chez les athlètes ayant subi une CCOS, dans la mesure où ils seraient plus sensibles au stress.

En somme, les résultats indiquent d'abord que tous les groupes montrent une augmentation significative de la mesure de stress entre le niveau de base (T1) et la phase d'induction de stress (T2), ce qui confirme que la procédure de TSST a été efficace pour induire un stress chez les athlètes. Par la suite, une diminution significative de ce stress est observée chez les quatre groupes lors de la récupération. Toutefois, les résultats indiquent que la récupération post-stress ne diffère pas significativement entre les conditions d'intervention. Ainsi, contrairement aux hypothèses, les groupes ayant écouté de la musique lors de la récupération post-stress (NCM et CM) n'ont pas montré une plus grande diminution de leur niveau de stress en comparaison aux groupes sans intervention (NCS et CS).

Néanmoins, un résultat intéressant est observé en comparant le niveau de stress après 30 minutes de récupération et le niveau de base. En effet, les participants des groupes ayant écouté de la musique lors de la phase de récupération montrent un niveau de stress final significativement plus faible que leur niveau de base, ce qui n'est pas le cas pour les groupes sans intervention. De ce fait, il pourrait être avancé que la musique ait eu un plus grand impact à long terme sur le niveau de stress. Une hypothèse serait que les participants de la condition sans intervention aient trouvé les 30 minutes de récupération plus longues et plus ennuyantes (propos rapportés par certains participants), ce qui pourrait avoir créé un état moins propice à la relaxation en fin de récupération. Au contraire, la musique aurait, quant à elle, maintenu cet état de relaxation tout au long de la phase de récupération.

Par ailleurs, les résultats de cette recherche sont cohérents avec certaines études qui n'ont pas constaté un effet bénéfique de la musique sur le stress. En ce sens, Thoma et ses collaborateurs

(2013) n'ont pas trouvé de différence significative quant à la réduction du stress autorapporté entre les groupes ayant écouté de la musique, des bruits d'une chute d'eau ou ayant été en silence. De la même façon, Burns et ses collaborateurs (2002) ont rapporté une diminution de l'anxiété d'état et une augmentation de la relaxation semblable entre les participants ayant écouté de la musique et ceux étant restés dans le silence. Également, d'autres études n'ont pas observé une récupération physiologique plus rapide du stress à la suite d'une tâche stressante chez les participants qui écoutaient de la musique en comparaison à ceux qui sont restés dans le silence (Chen et al., 2019; Radstaak, Geurts, Brosschot et Kompier, 2014).

À l'inverse, les résultats observés dans cette recherche sont divergents de la plupart des études de la littérature. En effet, plusieurs études ont révélé un effet bénéfique de la musique sur la réduction du stress (Chafin et al., 2004; Chen et al., 2019; De la Torre-Luque et al., 2017; Ilie et Rehana, 2013; Khalfa et al., 2003; Knight et Rickard, 2001; Lee et al., 2016; Sandstrom et Russo, 2010). Ces divergences pourraient s'expliquer en partie par des différences méthodologiques entre notre étude et celles de la littérature, telles que des populations différentes, l'utilisation de divers types de mesures et de durées variables de la récupération post-stress.

D'une part, les études portant sur l'effet de la musique sur le stress induit en laboratoire ont été réalisées auprès de la population générale, fréquemment des étudiants universitaires (Chafin et al., 2004; De la Torre-Luque et al., 2017; Ilie et Rehana, 2013; Khalfa et al., 2003; Lee et al., 2016; Sandstrom et Russo, 2010), alors que notre étude a été effectuée auprès d'athlètes de haut niveau. Ceux-ci sont connus pour être moins réactifs au stress induit en laboratoire que les personnes moins actives physiquement, les athlètes démontrant une réponse atténuée de leur stress psychologique et physiologique (p. ex., augmentation moins prononcée du rythme cardiaque) à la suite du TSST (Mücke et al., 2018; Rimmele et al., 2009). Plus précisément, ces études indiquent un niveau plus faible d'anxiété rapporté (évalué à l'aide du STAI) et une humeur plus positive chez les athlètes comparativement aux individus sédentaires. Bien que tous les athlètes de notre étude aient montré une augmentation significative de leur niveau de stress à la suite de la phase d'induction de stress, il n'est pas possible de confirmer que leur niveau de stress soit comparable à celui des participants des études ayant pu démontrer un effet bénéfique de la musique. Ainsi, il serait possible de penser que les athlètes n'ont pas montré un niveau de stress suffisant (lorsque comparé aux sujets non sportifs) pour reproduire les résultats de la littérature sur les effets thérapeutiques de la musique. Il

a également été proposé que les athlètes récupèrent de façon plus efficace à la suite d'un stress en comparaison à la population générale, puisqu'ils sont exposés de façon régulière au stress durant leur pratique sportive (Rimmele et al., 2009). En ce sens, leur excellente capacité à réguler leur stress serait supérieure aux propriétés relaxantes de la musique et pourrait expliquer, en partie, l'absence d'effet de la musique. En d'autres mots, la récupération du stress chez les athlètes serait optimale, et ce, sans l'utilisation de la musique.

De la même façon, ces mêmes études explorant l'effet de la musique sur le stress en laboratoire sont effectuées auprès de population non clinique, alors que certains athlètes participant à notre étude ont subi une commotion cérébrale, ce qui peut affecter leur patron de réponse au stress. En effet, il était attendu que les athlètes commotionnés montrent une plus grande réactivité au stress en comparaison à leurs collègues sans commotion cérébrale en raison d'une moins bonne capacité à réguler leur stress (Abaji et al., 2016; Hutchison et al., 2017) et à un plus haut niveau de détresse psychologique suivant leur CCOS (Weber et al., 2018). Une telle différence n'a pas été soulevée par notre étude, comme le montre l'absence de différence significative du niveau de stress lors de l'induction de stress entre les groupes non commotionnés et commotionnés. De ce fait, ces derniers n'ont pu bénéficier d'une meilleure récupération grâce à la musique. Cependant, il semblerait que les athlètes commotionnés montrant une moins bonne régulation de leur stress ne rapportent pas un plus grand niveau de stress et d'anxiété (Hutchison et al., 2017). Ainsi, les données de la littérature suggèrent que cette plus grande augmentation du niveau de stress serait visible avec des données physiologiques (p. ex., la fréquence cardiaque), mais ne serait pas rapportée subjectivement par les athlètes commotionnés (comme le démontrent nos données EVA; Hutchison et al., 2017).

D'autre part, plusieurs études ont démontré un effet bénéfique de la musique par le biais de mesures autorapportées (De la Torre-Luque et al., 2017; Lee et al., 2016; Sandstrom et Russo, 2010). Néanmoins, ces études utilisent des questionnaires (p. ex., *STAI*, *PSS*) plutôt que des échelles visuelles analogues, comme il était le cas dans notre étude. Ces questionnaires de symptômes autorapportés sont construits dans l'objectif d'obtenir une distribution paramétrique et une plus petite variance (Lesage, Berjot et Deschamps, 2012a), alors que l'étendue des réponses possibles avec les EVA est plus grande. Dans ce dernier cas, la présence de scores extrêmes est plus fréquente, ce qui peut affecter la moyenne des groupes et augmenter l'erreur standard. Ainsi,

il est possible que notre échantillon montre une plus grande variabilité des résultats dans l'évaluation du niveau de stress à l'aide des EVA, ce qui rend les effets plus difficiles à percevoir.

De plus, plusieurs études ont démontré une diminution plus rapide des mesures physiologiques du stress (p. ex., la fréquence cardiaque, la pression sanguine ou le cortisol) chez les participants ayant écouté de la musique en comparaison à ceux qui sont restés dans le silence (Chafin et al., 2004; Chen et al., 2019; De la Torre-Luque et al., 2017; Ilie et Rehana, 2013; Khalifa et al., 2003; Knight et Rickard, 2001; Lee et al., 2016). Toutefois, la nature de la mesure de stress est différente; la mesure employée dans notre étude était autorapportée, alors que ces recherches ont utilisé des mesures physiologiques de stress. Il est possible que la mesure autorapportée par nos participants ne soit pas équivalente à leur niveau de stress physiologique en représentant plutôt leur perception du stress vécu. D'ailleurs, une absence de concordance entre les mesures autorapportées et physiologiques est également démontrée dans d'autres études ayant induit un stress en laboratoire (Campbell et Ehlert, 2012; Radstaak et al., 2014; Villada, Hidalgo, Almela et Salvador, 2016).

Une autre différence méthodologique entre les études de la littérature et notre recherche concerne la période de récupération. En effet, la période de récupération de cette étude était de trente minutes au total, et les mesures autorapportées du niveau de stress ont été prises aux dix minutes (soit après 10, 20 et 30 minutes de récupération). Cependant, parmi les différentes études de la littérature ayant rapporté des effets bénéfiques de la musique sur le stress, la durée de la période de récupération post-stress varie entre deux et quinze minutes (Chafin et al., 2004; De la Torre-Luque et al., 2017; Ilie et Rehana, 2013; Sandstrom et Russo, 2010). D'ailleurs, il est avancé que les effets du stress ont tendance à s'estomper après quinze minutes de récupération (lorsque mesuré par la fréquence cardiaque; Kirschbaum et al., 1993). Ainsi, il est possible que les effets de la musique soient plus facilement observables dans les premières minutes de la récupération, puisque le niveau de stress ne s'est pas abaissé naturellement. Les mesures de stress ne seraient donc plus assez sensibles après plus de 10 minutes de récupération. Afin d'avoir un meilleur aperçu du patron de récupération, une période de récupération incluant des mesures de stress additionnelles durant les dix premières minutes de la récupération (p. ex., 2, 5 minutes) aurait pu permettre de mieux observer les effets.

Enfin, bien que tous les participants des groupes ayant écouté de la musique lors de la phase de récupération aient jugé les extraits comme étant relaxants et agréables, les différences significatives des moyennes de jugement du niveau d'activation et de la valence émotionnelle entre les groupes peuvent influencer l'effet de la musique dans chaque groupe. De plus, l'aspect de préférence musicale peut avoir un impact sur le potentiel relaxant de la musique (Jiang et al., 2016). Il est possible que les extraits classiques ne soient pas le style musical de préférence des athlètes, qui écoutent habituellement de la musique pour augmenter leur motivation et leur performance (donc plutôt activatrice que relaxante), diminuant ainsi son impact sur le stress. En effet, une étude a démontré que la plupart des athlètes préfèrent la musique de style rock (32 %), hip-hop (28 %) et pop (25 %), alors que la musique classique était choisie par seulement 1 % de l'échantillon (Laukka et Quick, 2013). De plus, les athlètes montrent une préférence générale pour la musique avec un tempo modéré à rapide (Karageorghis, Jones et Low, 2006; Karageorghis et al., 2011), alors que celle présentée dans l'étude était plutôt composée avec un tempo lent.

Par la suite, les résultats de notre étude montrent que la mesure de stress du groupe NCM était plus élevée que celle des autres groupes lors du niveau de base. Cette différence semble s'expliquer par un état affectif plus propice à un haut niveau de stress. Bien que la moyenne de ce groupe (NCM) ne diffère pas des autres groupes sur le plan du niveau d'anxiété d'état et de trait ainsi que du stress perçu au quotidien, plusieurs participants ont rapporté des niveaux d'anxiété d'état et de trait se situant au-delà du seuil clinique, ce qui peut impacter la façon dont les participants réussissent à gérer leur stress. En effet, les corrélations effectuées indiquent que, particulièrement dans le groupe NCM, un plus haut niveau d'anxiété d'état ou de trait est associé à un plus haut niveau de stress lors de la phase de base. Il serait donc possible que l'échantillonnage aléatoire ait placé plus de participants anxieux dans ce groupe, ce qui a pu contribuer à élever la moyenne globale et ainsi influencer les résultats de l'étude. Par ailleurs, les résultats portant sur la relation entre l'anxiété d'état et de trait ainsi que le niveau de stress confirment partiellement ce qui est retrouvé dans la littérature. En ce sens, le niveau d'anxiété d'état et de trait est corrélé positivement avec la mesure de stress lors du niveau de base, ce qui est cohérent avec la littérature (Takahashi et al., 2005). De plus, selon les résultats de notre étude, les niveaux d'anxiété d'état ou de trait ne semblent pas être liés à une plus grande augmentation du niveau de stress lors du protocole de TSST. La littérature concernant l'anxiété et la réactivité lors d'un stress induit est inconsistante. En ce sens, certains chercheurs démontrent qu'un plus haut niveau de trait anxieux

est associé à une plus grande augmentation de leur niveau de stress autorapporté lors du TSST (Jezova, Makatsori, Duncko, Moncek et Jakubek, 2004), alors que d'autres études ne trouvent pas d'association entre l'anxiété de trait et l'augmentation du niveau de stress (Takahashi et al., 2005; Villada et al., 2016). De plus, un plus haut niveau d'anxiété semble associé à une réponse de stress réduite (lorsque mesurée à l'aide du cortisol) lors du TSST (Fiksdal et al., 2019; Jezova et al., 2004; Wilken, Smith, Tola et Mann, 2000).

Finalement, bien que les groupes ne diffèrent pas de manière statistiquement significative entre eux, une hétérogénéité est observée à l'intérieur des groupes, notamment chez les groupes d'athlètes commotionnés. Ainsi, il n'est pas possible d'exclure la possibilité que la variabilité des participants concernant leurs données relatives aux CCOS, telles que le délai depuis la dernière CCOS, influence les résultats de cette étude. Ce facteur pourrait expliquer, en partie, la variabilité de la capacité des athlètes commotionnés à gérer leur stress durant le protocole de TSST. Notamment, les athlètes ayant vécu une CCOS plus récemment pourraient avoir plus de difficulté à récupérer d'un stress que les athlètes dont le délai depuis la dernière commotion est plus long. En ce sens, alors que certaines études montrent des difficultés de régulation de la fréquence cardiaque quelques semaines (Gall et al., 2004; Hutchison et al., 2017) ou quelques mois (Abaji et al., 2016) suivant la CCOS, les impacts physiologiques semblent se résoudre après plusieurs années (Pyndiura, Di Battista et Hutchison, 2020). De surcroît, le processus de récupération physiologique des CCOS varie entre les personnes et est parfois plus long que la présence des symptômes autorapportés de la CCOS (Black et al., 2017; McCrory et al., 2017), ainsi, le décours temporel des impacts liés à la CCOS reste difficile à établir avec certitude. En somme, l'effet individuel des diverses variables semble faible, toutefois, il est possible que l'effet combiné de plusieurs variables ait un plus grand impact sur les conclusions de cette recherche. Cependant, ces hypothèses ne peuvent expliquer en totalité les résultats de notre étude concernant l'effet de la musique sur le stress chez les athlètes et des recherches futures seront nécessaires afin de préciser l'impact de ces variables sur le stress.

1. Limites et forces de l'étude

Notre étude comporte plusieurs limites. D'abord, les hypothèses avancées dans cette étude doivent être considérées avec prudence, puisque les résultats de l'analyse statistique ne montrent pas d'interaction significative, mais uniquement une tendance. De plus, l'une des principales

limites est l'hétérogénéité retrouvée à l'intérieur des groupes. Bien que les groupes ne diffèrent pas sur le plan des données sociodémographiques, d'habitudes musicales ou de pratique sportive, un plus grand contrôle lors de la sélection des participants aurait été préférable. Par exemple, une sélection du type de sport et du niveau sportif aurait été bénéfique pour mieux évaluer le potentiel des commotions et sous-commotions. La sous-commotion représente un choc à la tête n'atteignant pas les critères d'une CCOS, mais pouvant tout de même avoir des impacts neurologiques importants lorsqu'elles sont répétées (Bailes, Petraglia, Omalu, Nauman et Talavage, 2013). Ainsi, certains sports, comme le football, le rugby, le soccer et le hockey, présentent plus de risque de commotion cérébrale en comparaison à des sports sans contact, en plus d'un plus grand potentiel d'accumulation de choc à la tête pouvant avoir des effets néfastes à long terme (Koh, Cassidy et Watkinson, 2003; Prien, Grafe, Rössler, Junge et Verhagen, 2018). Également, une variabilité dans le nombre de commotions et les jugements émotionnels des musiques est retrouvée entre les groupes, ce qui peut influencer différemment la réponse de chacun au stress et à la musique. Aussi, un plus grand nombre de participants serait préférable afin d'augmenter la puissance statistique et de valider ces hypothèses préliminaires.

Néanmoins, l'une des forces de cette étude est la présence d'outils permettant de vérifier l'équivalence des groupes sur plusieurs variables pouvant influencer les résultats, notamment l'anxiété, le stress perçu au quotidien, les symptômes dépressifs ou encore la vitesse de traitement de l'information. De plus, l'utilisation d'un outil standardisé comme le TSST a permis de s'assurer d'induire un stress similaire entre tous les participants pour faciliter la comparaison des résultats. Également, notre étude s'ajoute à la littérature explorant les liens entre l'anxiété d'état ou de trait et la réactivité des sujets lors d'un stress induit en laboratoire.

2. Perspectives futures

Pour les explorations futures, l'inclusion d'une mesure de stress psychophysiologique serait recommandée pour approfondir notre compréhension de l'effet de la musique sur le stress chez les athlètes. Également, l'ajout d'une condition contrôle sonore (p. ex., un livre audio) permettrait de distinguer si l'effet relaxant de la musique est dû à ses caractéristiques ou à son effet distracteur. De plus, une analyse sur l'impact de différentes variables modératrices (p. ex., le type de sport, le niveau sportif, le délai depuis la dernière CCOS, etc.) permettrait de mieux comprendre les facteurs pouvant influencer l'effet de la musique sur le stress en laboratoire. Bien que le nombre de CCOS

et les jugements émotionnels de la musique ne semblent pas liés au niveau de stress dans cette étude, la littérature sur le sujet indique que ces variables sont importantes à considérer. Également, il serait pertinent d'investiguer la présence de symptômes persistants communément associés aux CCOS chez l'ensemble des participants, incluant les athlètes n'ayant pas subis de CCOS puisque la littérature démontre que ces derniers rapportent vivre plusieurs de ces symptômes (Makdissi et al., 2017; McCrory et al., 2017). Afin d'approfondir les connaissances, l'ajout de participants rapportant plus de manifestation de stress ou d'anxiété dans leur quotidien permettrait de vérifier l'impact de la musique chez les athlètes symptomatiques. Par ailleurs, puisque les athlètes ont l'habitude d'écouter de la musique avant les compétitions sportives dans le but d'augmenter leur concentration et d'améliorer leur performance (Kuan et al., 2018), il serait pertinent de vérifier l'effet de la musique sur le stress lorsqu'elle est écoutée avant l'induction de stress, considérant que certaines études ont déjà démontré que cette méthode est efficace pour réduire la réactivité au stress (Chanda et Levitin, 2013; Chen et al., 2019; Knight et Rickard, 2001; Kühlmann et al., 2018). Dans le même ordre d'idée, le contexte sportif étant particulier, il serait pertinent d'étudier l'effet de la musique sur le stress dans un environnement plus écologique. Cela permettrait d'obtenir un meilleur portrait de la façon dont la musique peut être intégrée dans la pratique sportive dans l'objectif de diminuer le stress.

Conclusion

En conclusion, les résultats de cette étude n'ont pu démontrer un plus grand effet de la musique sur le stress, lorsque comparé à la condition sans intervention, chez les athlètes avec et sans commotion cérébrale d'origine sportive. Cependant, il est intéressant de constater que les groupes d'athlètes ayant écoutés de la musique lors la récupération montrent un niveau de stress final plus faible que leur niveau de base, ce qui n'est pas le cas chez les athlètes étant restés sans intervention. Bien que les effets bénéfiques de la musique n'aient pu être démontrés, ces résultats fournissent des pistes d'informations pertinentes à propos de la réponse au stress chez les athlètes, les athlètes ayant subi une CCOS ne montrant pas une plus grande réactivité autorapportée au stress comparativement aux athlètes sans CCOS. Cette étude met également en lumière la présence de symptômes d'anxiété d'état et de trait importants chez un bon nombre d'athlètes et fait valoir l'importance de la prévention et de l'intervention visant la sphère psychoaffective, autant chez les athlètes avec que sans commotion cérébrale. Des recherches futures sont nécessaires afin de clarifier la relation entre la musique et le stress et d'explorer les impacts qu'elle peut avoir chez les athlètes. Cela permettrait de mieux comprendre comment la musique peut être utilisée comme outil dans le but de réduire le stress chez les athlètes ayant subi des commotions cérébrales, notamment puisque l'impact du stress peut être intensifié chez cette population.

Références

- Abaji, J. P., Curnier, D., Moore, R. D. et Ellemberg, D. (2016). Persisting effects of concussion on heart rate variability during physical exertion. *Journal of neurotrauma*, 33(9), 811-817.
- Azouvi, P., Arnould, A., Dromer, E. et Vallat-Azouvi, C. (2017). Neuropsychology of traumatic brain injury: an expert overview. *Revue neurologique*, 173(7-8), 461-472.
- Bailes, J. E., Petraglia, A. L., Omalu, B. I., Nauman, E. et Talavage, T. (2013). Role of subconcussion in repetitive mild traumatic brain injury: a review. *Journal of neurosurgery*, 119(5), 1235-1245.
- Bailey, C. M., Samples, H. L., Broshek, D. K., Freeman, J. R. et Barth, J. T. (2010). The relationship between psychological distress and baseline sports-related concussion testing. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(4), 272-277.
- Barnason, S., Zimmerman, L. et Nieveen, J. (1995). The effects of music interventions on anxiety in the patient after coronary artery bypass grafting. *Heart & Lung: The Journal of Acute and Critical Care*, 24(2), 124-132.
- Bazarian, J. J., Zhong, J., Blyth, B., Zhu, T., Kavcic, V. et Peterson, D. (2007). Diffusion tensor imaging detects clinically important axonal damage after mild traumatic brain injury: a pilot study. *Journal of neurotrauma*, 24(9), 1447-1459.
- Beck, A. T., Steer, R. A. et Brown, G. K. (1996). Beck depression inventory-II. *San Antonio*, 78(2), 490-498.
- Bergeron, J., Landry, M. et Bélanger, D. (1976). The development and validation of a French form of the State-Trait Anxiety Inventory. *Cross-cultural anxiety*, 1, 41-50.
- Bernardi, L., Porta, C. et Sleight, P. (2006). Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart*, 92(4), 445-452.
- Birkett, M. A. (2011). The Trier Social Stress Test protocol for inducing psychological stress. *Journal of visualized experiments: JoVE*(56).
- Black, A. M., Sergio, L. E. et Macpherson, A. K. (2017). The epidemiology of concussions: number and nature of concussions and time to recovery among female and male Canadian varsity athletes 2008 to 2011. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(1), 52-56.
- Blood, A. J. et Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818-11823.

- Boso, M., Politi, P., Barale, F. et Emanuele, E. (2006). Neurophysiology and neurobiology of the musical experience. *Functional neurology*, 21(4), 187.
- Bradt, J., Dileo, C. et Potvin, N. (2013). Music for stress and anxiety reduction in coronary heart disease patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(12).
- Broshek, D. K., De Marco, A. P. et Freeman, J. R. (2015). A review of post-concussion syndrome and psychological factors associated with concussion. *Brain injury*, 29(2), 228-237.
- Burns, J. L., Labbé, E., Arke, B., Capeless, K., Cooksey, B., Steadman, A. et Gonzales, C. (2002). The effects of different types of music on perceived and physiological measures of stress. *Journal of music therapy*, 39(2), 101-116.
- Campbell, J. et Ehlert, U. (2012). Acute psychosocial stress: does the emotional stress response correspond with physiological responses? *Psychoneuroendocrinology*, 37(8), 1111-1134.
- Caron, J. G., Bloom, G. A. et Podlog, L. W. (2018). Are athletes psychologically ready for sport following a concussion? : BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine.
- Chafin, S., Roy, M., Gerin, W. et Christenfeld, N. (2004). Music can facilitate blood pressure recovery from stress. *British journal of health psychology*, 9(3), 393-403.
- Chanda, M. L. et Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in cognitive sciences*, 17(4), 179-193.
- Chen, G., Mishra, V. et Chen, C.-H. (2019). *Temporal factors of listening to music on stress reduction*. Communication présentée Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers.
- Chen, J.-K., Johnston, K. M., Petrides, M. et Ptito, A. (2008). Neural substrates of symptoms of depression following concussion in male athletes with persisting postconcussion symptoms. *Archives of General Psychiatry*, 65(1), 81-89.
- Ciucurel, M. M. (2012). The relation between anxiety, reaction time and performance before and after sport competitions. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 33, 885-889.
- Cohen, S., Kamarck, T. et Mermelstein, R. (1983). A global measure of perceived stress. *Journal of health and social behavior*, 385-396.
- Coronado, V. G., McGuire, L. C., Faul, M., Sugerman, D. E. et Pearson, W. S. (2012). Traumatic brain injury epidemiology and public health issues. *Brain injury medicine: Principles and practice*, 84.

- Covassin, T., Elbin, R., Beidler, E., LaFevor, M. et Kontos, A. P. (2017). A review of psychological issues that may be associated with a sport-related concussion in youth and collegiate athletes. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 6(3), 220.
- Crocq, M.-A., Guelfi, J.-D., Boyer, P., Pull, C.-B., Marie-Claire, P. et Association, A. P. (2016). *Mini DSM-5 Critères Diagnostiques*. Elsevier Health Sciences.
- Daneshvar, D. H., Nowinski, C. J., McKee, A. C. et Cantu, R. C. (2011). The Epidemiology of Sport-Related Concussion. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 1-17. doi: 10.1016/j.csm.2010.08.006
- De Beaumont, L., Theoret, H., Mongeon, D., Messier, J., Leclerc, S., Tremblay, S., . . . Lassonde, M. (2009). Brain function decline in healthy retired athletes who sustained their last sports concussion in early adulthood. *Brain*, 132(3), 695-708.
- De la Torre-Luque, A., Díaz-Piedra, C. et Buela-Casal, G. (2017). Effects of preferred relaxing music after acute stress exposure: A randomized controlled trial. *Psychology of Music*, 45(6), 795-813.
- de Witte, M., Spruit, A., van Hooren, S., Moonen, X. et Stams, G.-J. (2020). Effects of music interventions on stress-related outcomes: a systematic review and two meta-analyses. *Health psychology review*, 14(2), 294-324.
- Dickerson, S. S. et Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological bulletin*, 130(3), 355.
- Dileo, C. et Bradt, J. (2007). Music therapy: applications to stress management. *Principles and Practice of Stress Management*, 3rd ed. New York: Guilford.
- Ducher, J.-L. (2011). Un schéma général de l'anxiété. *Journal de thérapie comportementale et cognitive*, 21(3), 79-83.
- Echemendia, R. J., Iverson, G. L., McCrea, M., Macciocchi, S. N., Gioia, G. A., Putukian, M. et Comper, P. (2013). Advances in neuropsychological assessment of sport-related concussion. *Br J Sports Med*, 47(5), 294-298.
- Echemendia, R. J., Putukian, M., Mackin, R. S., Julian, L. et Shoss, N. (2001). Neuropsychological test performance prior to and following sports-related mild traumatic brain injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11(1), 23-31.
- Eckner, J. T., Kutcher, J. S. et Richardson, J. K. (2011). Effect of concussion on clinically measured reaction time in 9 NCAA division I collegiate athletes: a preliminary study. *PM&R*, 3(3), 212-218.
- Eerola, T. et Vuoskoski, J. K. (2011). A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. *Psychology of Music*, 39(1), 18-49.

- Ellemborg, D. (2018). Commotions cérébrales dans le sport : les neuropsychologues à la rescousse du cerveau. Repéré à <https://aqnp.ca/documentation/neurologique/commotions-cerebrales-sport/>
- Ferreri, L., Mas-Herrero, E., Zatorre, R. J., Ripollés, P., Gomez-Andres, A., Alicart, H., . . . Valle, M. (2019). Dopamine modulates the reward experiences elicited by music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(9), 3793-3798.
- Fiksdal, A., Hanlin, L., Kuras, Y., Gianferante, D., Chen, X., Thoma, M. V. et Rohleder, N. (2019). Associations between symptoms of depression and anxiety and cortisol responses to and recovery from acute stress. *Psychoneuroendocrinology*, 102, 44-52.
- Gabrielsson, A. et Lindström, E. (2010). The role of structure in the musical expression of emotions. *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications*, 367400.
- Gall, B., Parkhouse, W. et Goodman, D. (2004). Heart rate variability of recently concussed athletes at rest and exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 1269-1274.
- Giza, C. C. et Hovda, D. A. (2014). The new neurometabolic cascade of concussion. *Neurosurgery*, 75(suppl_4), S24-S33.
- Gulliver, A., Griffiths, K. M. et Christensen, H. (2012). Barriers and facilitators to mental health help-seeking for young elite athletes: a qualitative study. *BMC psychiatry*, 12(1), 157.
- Hanna-Pladdy, B., Berry, Z. M., Bennett, T., Phillips, H. L. et Gouvier, W. D. (2001). Stress as a diagnostic challenge for postconcussive symptoms: sequelae of mild traumatic brain injury or physiological stress response. *The Clinical Neuropsychologist*, 15(3), 289-304.
- Hanton, S., Fletcher, D. et Coughlan, G. (2005). Stress in elite sport performers: A comparative study of competitive and organizational stressors. *Journal of sports sciences*, 23(10), 1129-1141.
- Harmon, K. G., Drezner, J. A., Gammons, M., Guskiewicz, K. M., Halstead, M., Herring, S. A., . . . Roberts, W. O. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *Br J Sports Med*, 47(1), 15-26.
- Hinton-Bayre, A. et Geffen, G. (2005). Comparability, reliability, and practice effects on alternate forms of the Digit Symbol Substitution and Symbol Digit Modalities tests. *Psychological assessment*, 17(2), 237.
- Hole, J., Hirsch, M., Ball, E. et Meads, C. (2015). Music as an aid for postoperative recovery in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 386(10004), 1659-1671.
- Hutchison, M. G., Mainwaring, L., Senthinathan, A., Churchill, N., Thomas, S. et Richards, D. (2017). Psychological and physiological markers of stress in concussed athletes across recovery milestones. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 32(3), E38-E48.

- Ilie, G. et Rehana, R. (2013). Effects of individual music playing and music listening on acute stress recovery. Les effets du jeu et de l'écoute musicale sur le rétablissement d'un individu à la suite d'un stress aigu. *Canadian Journal of Music Therapy*, 19(1), 23.
- Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS). Traumatisme craniocérébral léger. Rapport rédigé par Catherine Truchon, Fanny Guérin, Marie-Andrée Ulysse et Geneviève Martin. Québec, Qc : INESSS; 2018. 115 p.
- Iverson, G. L., Gaetz, M., Lovell, M. R. et Collins, M. W. (2004). Relation between subjective fogging and neuropsychological testing following concussion. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 10(6), 904.
- Jantzen, K. J. (2010). Functional magnetic resonance imaging of mild traumatic brain injury. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 25(4), 256-266.
- Jezova, D., Makatsori, A., Duncko, R., Moncek, F. et Jakubek, M. (2004). High trait anxiety in healthy subjects is associated with low neuroendocrine activity during psychosocial stress. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 28(8), 1331-1336.
- Jiang, J., Rickson, D. et Jiang, C. (2016). The mechanism of music for reducing psychological stress: Music preference as a mediator. *The Arts in Psychotherapy*, 48, 62-68.
- Jones, J. et Hardy, L. E. (1990). *Stress and performance in sport*. John Wiley & Sons.
- Juslin, P. N. et Sloboda, J. (2011). *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications*. Oxford University Press.
- Karageorghis, C. I., Jones, L. et Low, D. C. (2006). Relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research quarterly for exercise and sport*, 77(2), 240-250.
- Karageorghis, C. I., Jones, L., Priest, D.-L., Akers, R. I., Clarke, A., Perry, J. M., . . . Lim, H. B. (2011). Revisiting the relationship between exercise heart rate and music tempo preference. *Research quarterly for exercise and sport*, 82(2), 274-284.
- Kemper, K. J. et Danhauer, S. C. (2005). Music as therapy. *South Med J*, 98(3), 282-288.
- Khalfa, S., Dalla Bella, S., Roy, M., Peretz, I. et Lupien, S. J. (2003). Effects of relaxing music on salivary cortisol level after psychological stress. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 374-376.
- King, N., Crawford, S., Wenden, F., Moss, N. et Wade, D. (1995). The Rivermead Post Concussion Symptoms Questionnaire: a measure of symptoms commonly experienced after head injury and its reliability. *Journal of neurology*, 242(9), 587-592.
- Kirschbaum, C., Pirke, K.-M. et Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'—a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76-81.

- Kliger, M., Stahl, S., Haddad, M., Suzan, E., Adler, R. et Eisenberg, E. (2015). Measuring the intensity of chronic pain: are the visual analogue scale and the verbal rating scale interchangeable? *Pain Practice*, 15(6), 538-547.
- Knight, W. E. et Rickard, N. S. (2001). Relaxing music prevents stress-induced increases in subjective anxiety, systolic blood pressure, and heart rate in healthy males and females. *Journal of music therapy*, 38(4), 254-272.
- Koelsch, S. (2009). A neuroscientific perspective on music therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169(1), 374-384.
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature reviews neuroscience*, 15(3), 170-180.
- Koh, J. O., Cassidy, J. D. et Watkinson, E. J. (2003). Incidence of concussion in contact sports: a systematic review of the evidence. *Brain injury*, 17(10), 901-917.
- Kontos, A., Collins, M. et Russo, S. (2010). *An Introduction to Sports Concussion for the Sport Psychology Consultant*.
- Kuan, G., Morris, T., Kueh, Y. C. et Terry, P. C. (2018). Effects of Relaxing and Arousing Music during Imagery Training on Dart-Throwing Performance, Physiological Arousal Indices, and Competitive State Anxiety. *Frontiers in psychology*, 9(14). doi: 10.3389/fpsyg.2018.00014
- Kühlmann, A., de Rooij, A., Kroese, L., van Dijk, M., Hunink, M. et Jeekel, J. (2018). Meta - analysis evaluating music interventions for anxiety and pain in surgery. *British Journal of Surgery*, 105(7), 773-783.
- Labbé, E., Schmidt, N., Babin, J. et Pharr, M. (2007). Coping with stress: the effectiveness of different types of music. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 32(3-4), 163-168.
- Laukka, P. et Quick, L. (2013). Emotional and motivational uses of music in sports and exercise: a questionnaire study among athletes. *Psychology of Music*, 41(2), 198-215.
- Leclerc, S., Lassonde, M., Delaney, S., Lacroix, V. et Johnston, K. (2001). *Recommendations for Grading of Concussion in Athletes*.
- Lee, K. S., Jeong, H. C., Yim, J. E. et Jeon, M. Y. (2016). Effects of music therapy on the cardiovascular and autonomic nervous system in stress-induced university students: a randomized controlled trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 22(1), 59-65.
- Lesage, F.-X., Berjot, S. et Deschamps, F. (2012a). Clinical stress assessment using a visual analogue scale. *Occupational medicine*, 62(8), 600-605.

- Lesage, F.-X., Berjot, S. et Deschamps, F. (2012b). Psychometric properties of the French versions of the Perceived Stress Scale. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 25(2), 178-184.
- Lesage, F.-X. et Chamoux, A. (2008). Utilisation de l'échelle visuelle analogique (EVA) dans l'évaluation du stress au travail: limites et perspectives. *Revue de la littérature. Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 69(5-6), 667-671.
- Lesage, F.-X., Chamoux, A. et Berjot, S. (2009). Stabilité de l'échelle visuelle analogique dans l'évaluation du stress. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 70(6), 619-622.
- List, J., Ott, S., Bukowski, M., Lindenberg, R. et Flöel, A. (2015). Cognitive function and brain structure after recurrent mild traumatic brain injuries in young-to-middle-aged adults. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 228.
- Lovell, M. R., Iverson, G. L., Collins, M. W., Podell, K., Johnston, K. M., Pardini, D., . . . Maroon, J. C. (2006). Measurement of symptoms following sports-related concussion: reliability and normative data for the post-concussion scale. *Applied neuropsychology*, 13(3), 166-174.
- Lupien, S. J. (2009). *Brains under stress*: SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- Makdissi, M., Cantu, R. C., Johnston, K. M., McCrory, P. et Meeuwisse, W. H. (2013). The difficult concussion patient: what is the best approach to investigation and management of persistent (> 10 days) postconcussive symptoms? *Br J Sports Med*, 47(5), 308-313.
- Makdissi, M., Schneider, K. J., Feddermann-Demont, N., Guskiewicz, K. M., Hinds, S., Leddy, J. J., . . . Johnston, K. M. (2017). Approach to investigation and treatment of persistent symptoms following sport-related concussion: a systematic review. *Br J Sports Med*, bjsports-2016-097470.
- McCrory, P., Meeuwisse, W., Dvorak, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., . . . Castellani, R. J. (2017). Consensus statement on concussion in sport—the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *Br J Sports Med*, bjsports-2017-097699.
- McKee, A. C., Daneshvar, D. H., Alvarez, V. E. et Stein, T. D. (2014). The neuropathology of sport. *Acta neuropathologica*, 127(1), 29-51.
- Mücke, M., Ludyga, S., Colledge, F. et Gerber, M. (2018). Influence of regular physical activity and fitness on stress reactivity as measured with the trier social stress test protocol: A systematic review. *Sports medicine*, 48(11), 2607-2622.
- Okun, A., Stein, R. E., Bauman, L. J. et Silver, E. J. (1996). Content validity of the Psychiatric Symptom Index, CES-depression Scale, and State-Trait Anxiety Inventory from the perspective of DSM-IV. *Psychological reports*, 79(3), 1059-1069.

- Ontario Neurotrauma Foundation. (2013). *Guidelines for mild traumatic brain injury and persistent symptoms*.
- Ooishi, Y., Mukai, H., Watanabe, K., Kawato, S. et Kashino, M. (2017). Increase in salivary oxytocin and decrease in salivary cortisol after listening to relaxing slow-tempo and exciting fast-tempo music. *PloS one*, 12(12), e0189075.
- Patel, D. R., Omar, H. et Terry, M. (2010). Sport-related performance anxiety in young female athletes. *Journal of pediatric and adolescent gynecology*, 23(6), 325-335.
- Pelletier, C. L. (2004). The effect of music on decreasing arousal due to stress: A meta-analysis. *Journal of music therapy*, 41(3), 192-214.
- Phillips, A. C., Carroll, D. et Der, G. (2015). Negative life events and symptoms of depression and anxiety: stress causation and/or stress generation. *Anxiety, Stress, & Coping*, 28(4), 357-371.
- Potter, S., Leigh, E., Wade, D. et Fleminger, S. (2006). The Rivermead post concussion symptoms questionnaire. *Journal of neurology*, 253(12), 1603-1614.
- Prien, A., Grafe, A., Rössler, R., Junge, A. et Verhagen, E. (2018). Epidemiology of head injuries focusing on concussions in team contact sports: A systematic review. *Sports medicine*, 1-17.
- Pyndiura, K. L., Di Battista, A. P. et Hutchison, M. G. (2020). A history of concussion is associated with minimal perturbations to heart rate variability in athletes. *Brain injury*, 34(10), 1416-1421.
- Radstaak, M., Geurts, S. A., Brosschot, J. F. et Kompier, M. A. (2014). Music and psychophysiological recovery from stress. *Psychosomatic medicine*, 76(7), 529-537.
- Rice, S. M., Purcell, R., De Silva, S., Mawren, D., McGorry, P. D. et Parker, A. G. (2016). The mental health of elite athletes: a narrative systematic review. *Sports medicine*, 46(9), 1333-1353.
- Rimmele, U., Seiler, R., Marti, B., Wirtz, P. H., Ehlert, U. et Heinrichs, M. (2009). The level of physical activity affects adrenal and cardiovascular reactivity to psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology*, 34(2), 190-198.
- Rumbold, J. L., Fletcher, D. et Daniels, K. (2012). A systematic review of stress management interventions with sport performers. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1(3), 173.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.

- Sandel, N., Reynolds, E., Cohen, P. E., Gillie, B. L. et Kontos, A. P. (2017). Anxiety and mood clinical profile following sport-related concussion: From risk factors to treatment. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 6(3), 304.
- Sandstrom, G. M. et Russo, F. A. (2010). Music hath charms: the effects of valence and arousal on recovery following an acute stressor. *Music and Medicine*, 2(3), 137-143.
- Schäfer, T., Sedlmeier, P., Städtler, C. et Huron, D. (2013). The psychological functions of music listening. *Frontiers in psychology*, 4, 511.
- Schneider, K. J., Leddy, J. J., Guskiewicz, K. M., Seifert, T., McCrea, M., Silverberg, N. D., . . . Makdissi, M. (2017). Rest and treatment/rehabilitation following sport-related concussion: a systematic review. *Br J Sports Med*, 51(12), 930-934.
- Smith, A. (1982). *Symbol digit modalities test*. Western Psychological Services Los Angeles, CA.
- Solomon, G. S., Kuhn, A. W. et Zuckerman, S. L. (2016). Depression as a modifying factor in sport-related concussion: a critical review of the literature. *The Physician and sportsmedicine*, 44(1), 14-19.
- Spielberger, C. (1983). Manual for the state-trait anxiety inventory. Spielberger CD (Ed). STAI Manual. Palo Alto Calif Consulting. *Psychologist Press*.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L. et Lushene, R. E. (1970). Manual for the state-trait anxiety inventory.
- Sullivan, K. et Garden, N. (2011). A comparison of the psychometric properties of 4 postconcussion syndrome measures in a nonclinical sample. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 26(2), 170-176.
- Takahashi, T., Ikeda, K., Ishikawa, M., Kitamura, N., Tsukasaki, T., Nakama, D. et Kameda, T. (2005). Anxiety, reactivity, and social stress-induced cortisol elevation in humans. *Neuroendocrinology Letters*, 26(4), 351-354.
- Tat, D., Pelletier, G., Massicotte, É. et Gosselin, N. (2015). *The Relation Between Perceived Physiological Arousal and Valence During Relaxing Music Listening*. Affiche présentée au symposium du 10e anniversaire du Laboratoire Brams.
- Teasdale, G. et Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*, 2(7872), 81-84. doi: 10.1016/s0140-6736(74)91639-0
- Terry, P. C. et Karageorghis, C. I. (2007). *Use of music interventions with elite athletes*. Communication présentée 12th European Congress of Sport Psychology Book of Abstracts.
- Terry, P. C., Karageorghis, C. I., Curran, M. L., Martin, O. V. et Parsons-Smith, R. L. (2020). Effects of music in exercise and sport: A meta-analytic review. *Psychological bulletin*, 146(2), 91.

- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U. et Nater, U. M. (2013). The effect of music on the human stress response. *PloS one*, 8(8), e70156.
- Turken, U., Whitfield-Gabrieli, S., Bammer, R., Baldo, J. V., Dronkers, N. F. et Gabrieli, J. D. (2008). Cognitive processing speed and the structure of white matter pathways: convergent evidence from normal variation and lesion studies. *Neuroimage*, 42(2), 1032-1044.
- Villada, C., Hidalgo, V., Almela, M. et Salvador, A. (2016). Individual differences in the psychobiological response to psychosocial stress (Trier Social Stress Test): the relevance of trait anxiety and coping styles. *Stress and Health*, 32(2), 90-99.
- Weber, M. L., Dean, J.-H. L., Hoffman, N. L., Broglio, S. P., McCrea, M., McAllister, T. W., . . . Hazzard, J. B. (2018). Influences of mental illness, current psychological state, and concussion history on baseline concussion assessment performance. *The American journal of sports medicine*, 46(7), 1742-1751.
- Wilken, J. A., Smith, B. D., Tola, K. et Mann, M. (2000). Trait anxiety and prior exposure to non-stressful stimuli: effects on psychophysiological arousal and anxiety. *International Journal of Psychophysiology*, 37(3), 233-242.
- Yang, J., Peek-Asa, C., Covassin, T. et Torner, J. C. (2015). Post-concussion symptoms of depression and anxiety in division I collegiate athletes. *Developmental neuropsychology*, 40(1), 18-23.
- Yrondi, A., Brauge, D., LeMen, J., Arbus, C. et Pariente, J. (2017). Depression and sports-related concussion: a systematic review. *La Presse Médicale*, 46(10), 890-902.
- Zatorre, R. J. et Salimpoor, V. N. (2013). From perception to pleasure: music and its neural substrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 2), 10430-10437.

Annexe

Annexe 1 : Classification des sports pratiqués par les participants des différents groupes

Type de sport	Sports pratiqués par les participants	
Sports de contact	Football	Rugby
	Hockey	Soccer
	Boxe	Football gaélique
	La crosse	-
Sports d'équipe avec contacts réduits	Basketball	Ultimate frisbee
	Volley-Ball	Flag-football
Sports aquatiques	Natation	Sports nautiques
Sports d'endurance	Athlétisme	Triathlon
	Course à pied (cross-country)	Patinage de vitesse
	Cyclisme	Crossfit
Sports avec balle ou volant	Tennis	Badminton
	Golf	-
Sports de coordination et d'équilibre	Patinage artistique	Gymnastique
	Cheerleading	-

Note. La classification est inspirée du dictionnaire de l'Encyclopaedia Universalis France (2020)